



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL FI DE GRAU

**Grau en Enginyeria Elèctrica**

**IMPLEMENTACIÓ DE CRITERIS D'OPTIMITZACIÓ  
ENERGÈTICA EN VIVENDA UNIFAMILIAR CONTEMPLANT  
L'ÚS D'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**



**Memòria i Annexos**

**Autor:** Clara Guàrdia Fargues  
**Director:** Robert Piqué Lopez  
**Convocatòria:** Juny 2017

## RESUM

Aquest projecte ofereix un mètode per tal d'optimitzar energèticament un habitatge unifamiliar. Aquest estudi contempla millorar els consums de l'habitatge i instal·lar un sistema híbrid connectat a la xarxa format per panells fotovoltaics, bateries i un generador dièsel. Aquest sistema es dissenyarà tenint en compte criteris de rendibilitat econòmica i eficiència energètica.

Per la realització d'aquest projecte s'ha considerat la metodologia de la ISO 50001, que té com a objectiu la millora de l'eficiència energètica tot reduint el seu cost i l'emissió de gasos d'efecte hivernacle, i la legislació actual, que limita bastant l'abast d'aquest projecte.

## RESUMEN

Este proyecto ofrece un método para optimizar energéticamente una vivienda unifamiliar. Este estudio pretende mejorar el consumo de una vivienda e instalar un sistema híbrido conectado a la red, formado por paneles fotovoltaicos, baterías y un generador diésel. Este sistema se diseñará teniendo en cuenta los criterios de rentabilidad económica y eficiencia energética.

Para la realización de este proyecto se ha considerado la metodología ISO 50001, que tiene como principal objetivo mejorar la eficiencia energética mientras se reduce su coste y la emisión de gases de efecto invernadero, y la legislación actual, que afecta bastante los límites de este proyecto.

## ABSTRACT

This project presents a method in order to optimise the energy system of a detached house. This study takes into account the possibility of improving the energy consumption. And also install a hybrid system connected to the red provided with solar panels, batteries and a diesel generator. This system will be designed according to economic profitability and energy efficiency criteria.

Besides, the methodology of the ISO 50001 has been taken into account, which its aim is to improve the energy efficiency, reduce the costs and de greenhouse gas emissions, and the current legislation, that limits the scope of this project.



# AGRAÏMENTS

Agraeixo a la família el suport que m'ha donat, i també per proporcionar-me la informació necessària de l'habitatge per poder realitzar aquest treball.

També vull agrair a QKSOL per facilitar-me l'SMAPPEE i per poder assistir a la posada en funcionament de les bateries PowerRack al laboratori de E3PACS.

A Robert Piqué per la seva ajuda i orientació al llarg de tot el procés de treball.



# Índex

## RESUM

---

<b>1. INTRODUCCIÓ</b>	<b>1</b>
1.1. Objectiu.....	1
1.2. Abast del projecte.....	1
1.2. Marc de referència .....	1
1.2.1. ISO 50001 i eficiència energètica.....	2
1.2.2. Marc legislatiu .....	6
<b>2. MÈTODE</b>	<b>10</b>
2.1. Marc lògic.....	10
2.2. Marc físic.....	12
2.2.1. Sistema solar híbrid connectat a la xarxa .....	12
2.3. Algorisme de millora energètica .....	13
<b>3. PLANIFICACIÓ ENERGÈTICA DE LES CÀRREGUES</b>	<b>16</b>
3.1. Consums.....	16
3.2. Eficiència energètica .....	17
3.2.1. Aïllament tèrmic.....	17
3.2.2. Climatització .....	21
3.2.3. Il·luminació .....	22
3.2.4. Electrodomèstics.....	24
3.2.5. Stand-by .....	25
<b>4. SISTEMA HÍBRID</b>	<b>27</b>
4.1. Introducció a l'energia solar .....	27
4.1.1. Radiació solar incident en la superfície de l'atmosfera.....	27
4.1.2. Radiació solar incident en la superfície de la Terra .....	28
4.1.3. Avaluació del recurs "radiació solar incident" .....	29
4.2. Instal·lació solar fotovoltaica .....	31
4.2.1. Panell fotovoltaic .....	32
4.2.2. Regulador .....	34
4.2.3. Inversor .....	35
4.2.4. Bateries .....	36
4.3. Disseny d'una instal·lació fotovoltaica .....	37
4.3.1. Càrregues i consum.....	37

4.3.2.	Càlcul de pèrdues .....	38
4.3.3.	Elecció de la inclinació dels panells .....	39
4.3.4.	Càlcul del nombre de panells per un inversor donat.....	39
4.3.5.	Càlcul de la distància mínima entre panells.....	41
4.3.6.	Dimensionat del sistema d'emmagatzematge .....	42
4.3.7.	Dimensionat del cablejat.....	42
4.3.8.	Sistema de protecció i mesura .....	45
4.4.	Generador dièsel.....	47
4.5.	Energia generada .....	47
4.6.	Connexió a la xarxa .....	49
4.7.	Gestió del sistema .....	51
<b>5.</b>	<b>IMPLEMENTACIÓ .....</b>	<b>52</b>
5.1.	Emplaçament .....	52
5.1.1.	Situació i ubicació .....	52
5.1.2.	Descripció .....	53
5.1.3.	Aïllament tèrmic.....	53
5.1.4.	Sistema de climatització .....	54
5.1.5.	Il·luminació .....	56
5.1.6.	Electrodomèstics .....	57
5.2.	Consum energètic .....	58
5.3.	Optimització del consum energètic.....	60
5.3.1.	Climatització .....	60
5.3.2.	Il·luminació .....	60
5.3.3.	Electrodomèstics .....	60
5.3.4.	Stand-by.....	61
5.3.5.	Resum de les actuacions .....	61
5.4.	Recurs solar .....	63
5.5.	Plaques fotovoltaïques i inversor escollit.....	64
5.6.	Bateries.....	67
5.7.	Dimensionat del cablejat .....	68
5.7.1.	Càlcul de les seccions dels conductors de les cadenes .....	68
5.7.2.	Càlcul de les seccions del conductor principal de contínua.....	69
5.7.3.	Càlcul de les seccions del conductor de l'inversor a la CGBT .....	69
5.7.4.	Intensitat màxima admissible .....	69
5.8.	Càlcul dels elements de protecció .....	71
5.8.1.	Dimensionat dels fusibles.....	71

5.8.2.	Dimensionat de les proteccions de CA .....	71
5.8.3.	Dimensionat de la posta a terra .....	71
5.9.	Energia generada .....	72
5.10.	Generador dièsel .....	74
5.11.	Connexió a la xarxa .....	74
5.12.	Sistema híbrid .....	77
5.13.	Gestió del sistema.....	77
5.13.1.	Mode d'operació.....	77
5.13.2.	Descripció general de l'inversor IMEON 3.6.....	78
5.13.3.	Instal·lació .....	79
5.13.4.	Comunicació.....	79
5.13.5.	Posada en marxa.....	79
5.13.6.	Control de l'inversor .....	79
5.13.7.	Software d'IMEON .....	80
5.13.8.	Assaig del sistema al laboratori de E3PACS.....	85
<b>6.</b>	<b>SIMULACIÓ DE DIFERENTS ESCENARIS .....</b>	<b>87</b>
6.1.	Hivern.....	87
6.1.1.	Entre setmana.....	87
6.1.2.	Cap de setmana .....	88
6.2.	Primavera.....	89
6.2.1.	Entre setmana.....	89
6.2.2.	Cap de setmana .....	91
6.3.	Resum .....	92
<b>7.</b>	<b>ESTUDI ECONÒMIC .....</b>	<b>93</b>
7.1.	Cost optimització dels consums .....	93
7.2.	Cost de la instal·lació fotovoltaica.....	93
7.2.1.	Cost dels elements de la instal·lació fotovoltaica.....	93
7.2.2.	Cost de la mà d'obra .....	94
7.3.	Cost de la factura elèctrica .....	94
7.4.	Amortització de la inversió .....	94
7.5.	Noves propostes per la millora contínua .....	95
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONS .....</b>	<b>97</b>
<b>9.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>99</b>
9.1.	Referències de consulta.....	99



Model de sol·licitud de connexió.....	103
Model de contracte tècnic tipus.....	104
<b>ANNEX II: PLÀNOLS</b> .....	<b>108</b>
1. DISTRIBUCIÓ PLANTA BAIXA – PLANTA.....	108
2. DISTRIBUCIÓ PRIMERA PLANTA – PLANTA .....	108
3. DISTRIBUCIÓ SEGONA PLANTA – PLANTA.....	108
4. DISTRIBUCIÓ DE PANELLS SOBRE COBERTA.....	108
5. ESQUEMA UNIFILAR.....	108



# 1. INTRODUCCIÓ

## 1.1. Objectiu

L'objectiu principal d'aquest projecte és centra en dos parts. En primer lloc, d'acord amb la legislació acadèmica, l'objectiu consisteix en acreditar la formació adquirida i justificar l'obtenció del títol de grau en Enginyeria Elèctrica. En segon lloc, l'objectiu és deu a un interès personal en les matèries com la consciència ecològica, el compromís social amb el medi ambient, reduir la dependència dels combustibles fòssils, promoure l'ús d'energies renovables i reduir la generació dels gasos d'efecte hivernacle.

Aquest projecte té com a finalitat dissenyar una metodologia per tal d'optimitzar energèticament un habitatge amb comptant l'ús d'energia solar fotovoltaica i d'un generador dièsel. Aquest procediment s'aplicarà a un habitatge en concret tenint en compte el seu consum energètic, perfils de càrrega i facturació per tal de proposar una solució òptima que sigui viable a nivell jurídic, tècnic i econòmic.

## 1.2. Abast del projecte

El projecte pretén abastar el desenvolupament d'un algorisme d'optimització energètica aplicable a qualsevol habitatge unifamiliar. Aquesta metodologia estarà regida per la normativa vigent, i tindrà com a principal objectiu estalviar energia i també diners mitjançant la implementació de noves alternatives i substituint les conductes actuals que suposin un malbaratament energètic.

Per desenvolupar aquesta metodologia, es cercaran els criteris d'eficiència energètica i la normativa actual aplicable en quant a la generació fotovoltaica per conèixer les possibilitats del projecte.

També es monitoritzaran els consums de l'habitatge per tal de conèixer les principals càrregues.

A més a més es farà un estudi exhaustiu de l'estat actual de l'habitatge, per tal d'optimitzar-lo i evitar el malbaratament de l'energia.

## 1.2. Marc de referència

Aquest treball és durà a terme en un marc de referència que inclogui la metodologia a seguir i la legislació jurídica vigent pel que fa instal·lacions fotovoltaiques. Aquest serà el marc lògic d'aquest

projecte on a continuació és formarà el marc físic d'aquest.

Els dos grans criteris utilitzats en aquest treball per optimitzar energèticament un habitatge unifamiliar són la eficiència i la legislació les sobre instal·lacions solars fotovoltaïques.

### **1.2.1. ISO 50001 i eficiència energètica**

Actualment l'eficiència energètica està a l'ordre del dia , per tal de minimitzar la dependència energètica de l'exterior, reduir costos i també l'impacte negatiu que les fonts d'energia tradicionals suposen sobre el medi ambient.

La Organització Internacional de la Normalització (ISO) representa un consens mundial sobre l'estat de l'art en la temàtica de la normativa en qüestió.

La ISO 50001 brinda a les organitzacions els requisits per als sistemes de gestió d'energia. La ISO 50001 proporciona beneficis tant a les organitzacions grans com a les petites, en el sector públic i en el privat, en la manufactura i serveis, a totes les regions del món. La ISO estableix un marc per a les plantes industrials, instal·lacions comercials, institucionals i governamentals, i organitzacions per tal de gestionar l'energia.

S'estima que la normativa podria influir fins a un 60% del consum d'energia mundial.

Norma té com a objectiu complementar els següents estaments:

- Ajudar a les organitzacions a aprofitar millor els seus actius actuals de consum d'energia.
- Crear transparència i facilitar la comunicació sobre la gestió dels recursos energètics.
- Promoure les millores pràctiques de gestió de la energia i reforçar les bones conductes de gestió de la energia.
- Ajudar a les instal·lacions pel que fa a la avaluació i donar prioritat a l'aplicació de noves tecnologies d'eficiència energètica.
- Proporcionar un marc per tal de promoure l'eficiència energètica durant tota la cadena de subministrament.
- Facilitar la millora de gestió de l'energia per las projectes de reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle.

La normativa ISO50001 segueix el procediment Planificar- Fer-Verificar-Actuar per tar de millorar contínuament el sistema de gestió de l'energia.

Aquestes característiques permeten a les organitzacions integrar la gestió de la energia per millorar la gestió de la qualitat, el medi ambient i altres assumptes abordats pels sistemes de gestió. La ISO 50001 proporciona una marc de requisits que permet a les organitzacions:

- Desenvolupar una política per a un ús més eficient de l'energia

- Fixar metes i objectius per tal de complir amb la política
- Utilitzar les dades per tal d'entendre millor i prendre decisions sobre l'ús i el consum d'energia
- Amidar els resultats
- Revisar l'eficàcia de la política
- Millorar contínuament la gestió de l'energia

A continuació es mostra una breu descripció de la ISO 50001:

- Planificar: realitzar la revisió i establir la línia base de l'energia, indicadors de rendiment energètic, objectius, metes i plans d'acció necessària per aconseguir resultats d'acord amb les oportunitats per a millorar l'eficiència energètica i la política d'energia de l'organització.
- Fer: posar en pràctica els plans d'acció de la gestió de l'energia.
- Verificar: monitoritzar i mesurar els processos i les característiques clau de les operacions que determinen el rendiment de l'energia respecte a la política energètica i els objectius i informar els resultats.
- Actuar: prendre accions per millorar contínuament l'eficiència energètica.

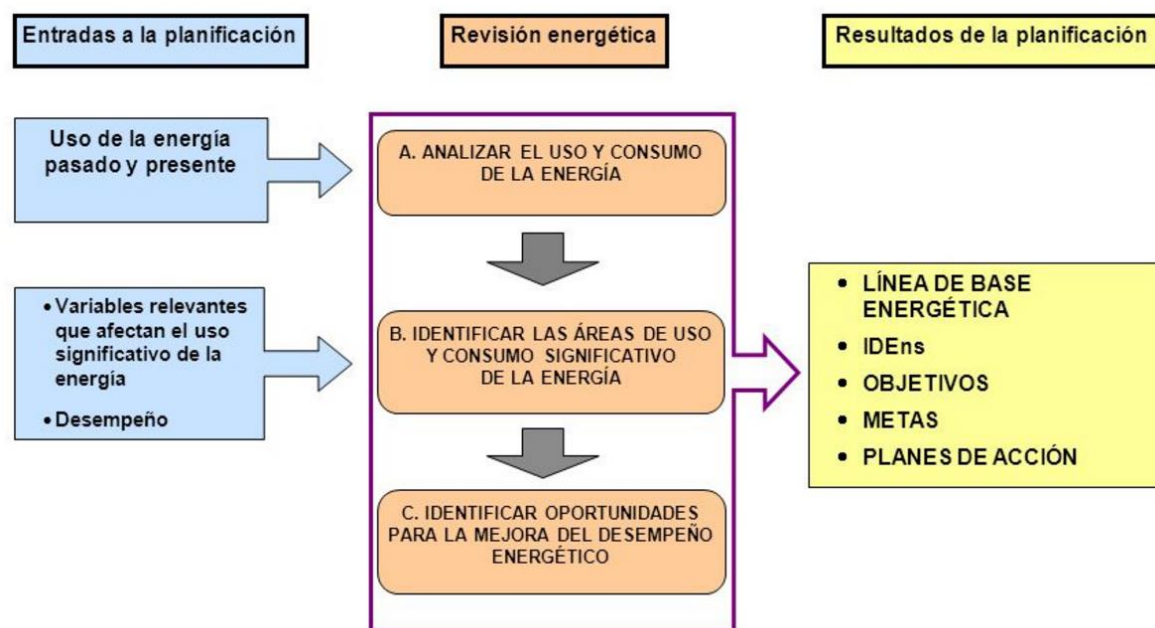
La normativa ISO 50001 expressa la seva planificació amb el següent diagrama de flux:



**Figura 1.1.** Elements principals del Sistema de Gestió d'Energia de la normativa ISO 50001 (Font: Caballé & Associats Enginyer [1] )

Segons la normativa ISO 50001, els elements més importants del sistema de gestió de l'energia són:

1. **Política energètica:** establir una política energètica per tal d'obtenir una millora en un futur.
2. **Planificació energètica:** conèixer els aspectes sobre la legalitat aplicable a aquest projecte, analitzar els consums, i també deixar clars els principals objectius.



**Figura 1.2.** Diagrama conceptual del procés de planificació (Font: On flow Servicios energéticos [2])

3. **Implementació i operació:** Reconèixer les diferents possibilitats d'optimització energètica.
4. **Verificació:** Constatar periòdicament les millores controlant els consums i realitzant auditories internes.
5. **Revisió de la direcció:** Aquest element permet la millora contínua, per tal d'assegurar l'eficàcia del sistema de gestió d'energia.

L'auditoria seguirà les criteris de la UNE-EN 16247-2:2014, que anul·la a la UNE 216501:2009. Aquesta norma instaura les condicions que ha de tenir una auditoria energètica per poder ser comprable.

Les finalitats de la normativa són:

- Conèixer amb precisió el consum energètic i el seu cost.
- Distingir i particularitzar els elements que afecten el consum energètic.
- Cercar i valorar les oportunitats de reduir el consum energètic, i també minimitzar el seu cost.

La metodologia que regeix aquesta normativa està descrita a continuació:

- Estat de les instal·lacions
  - a. Esquema unifilar
  - b. Tipus de contractació
  - c. Estudi dels consums

- d. Import de les factures durant l'últim any.
  - e. Llistat de la potència de les principals càrregues
- Estudi del procés de producció
  - a. Estimar el consum energètic anual
  - b. Conèixer la forma d'energia que utilitza cada sistema.
  - c. Conèixer els patrons d'operació dels diferents sistemes
- Anàlisi de les tecnologies horitzontals i serveis
  - a. Comportament tèrmic de l'edifici: orientació, zona climàtica, condensacions, permeabilitats, ponts, proteccions i condicions funcionals
  - b. Sistema elèctric
  - c. Il·luminació natural i artificial, interior i exterior
  - d. Climatització de l'edifici
  - e. Sistema de producció d'energia
- Mesura i recollida de dades
  - a. S'ha de dur a terme amb un equip adequat i un bon nivell de precisió
  - b. Respectar en tot moment la legislació i les mesures de seguretat
- Realització d'una comptabilitat energètica
  - a. La generació i els consums, i també el seu import
  - b. Preu mitjà anual de cada forma d'energia
  - c. Perfil de consum de cada font d'energia o equip
  - d. Relació de generació i consum
- Anàlisi de les propostes de millora
  - a. Les propostes han d'acomplir amb les següents fites
    - i. Reduir el consum
    - ii. Reduir el cost
    - iii. Augmentar l'eficiència
- Desenvolupament de les millores
  - a. Analitzar les següents característiques:
    - i. Situació actual: descripció del sistema
    - ii. Idea de millora: descripció,
    - iii. Situació futura: descripció del sistema un cop les noves mesures estiguin implantades
    - iv. Estalvi energètic anual esperat
    - v. Estalvi econòmic derivat de l'estalvi energètic, costos d'operació i manteniment, inversió i període de retorn
    - vi. Variable ambiental: variació d'emissions de CO<sub>2</sub>.

### 1.2.2. *Marc legislatiu*

El Real Decret 900/2015 regula les condicions administratives, tècniques i econòmiques de les modalitats de subministrament d'energia elèctrica amb autoconsum i de producció amb autoconsum.

Seguidament s'exposen els articles més importants pel que fa a les instal·lacions fotovoltaïques en habitatges unifamiliars, la seva regulació del règim econòmic i les tramitacions legals.

- **Article 4. Classificació de modalitats d'autoconsum.** En aquest article es classifiquen les modalitats d'autoconsum: tipus 1 i tipus 2.
  - Tipus 1: No fa falta que s'inscriguin al Registre de Producció, no poden cobrar les injeccions a xarxa, la seva potència instal·lada per l'autoconsum ha de ser inferior a 100 kW.
  - Tipus 2: Les instal·lacions s'han d'inscriure al Registre de Producció, poden cobrar les injeccions a xarxa, la seva potència instal·lada és major de 100 kW.

En el cas d'aquest projecte, al tractar-se d'un habitatge unifamiliar, la potència instal·lada serà sempre inferior a 100 kW. Per tant aquest projecte s'acollirà a la modalitat 1 d'autoconsum.

- **Article 5. Requisits generals per tal d'acollir-se a una modalitat d'autoconsum.** A continuació es mostren els requisits a complimentar per tal de poder acollir-se a la modalitat 1 d'autoconsum.
  - La potència contractada pel consumidor no serà superior a 100 kW.
  - La suma de potències instal·lades de generació serà igual o inferior a la potència contractada pel consumidor.
  - El titular del punt de subministrament serà el mateix que el de tots els equips de consum i instal·lacions de generació connectats a la seva xarxa.
  - Complimentar amb els requisits legals del Real Decret 1699/2011, que regula la connexió a la xarxa de les instal·lacions de producció d'energia elèctrica de petita potència.
- **Article 7. Procediment de connexió i accés en les modalitats d'autoconsum.** Per les instal·lacions de tipus 1 el procediment de connexió i accés es realitzaran d'acord amb el capítol II del Reial Decret 1699/2011 del 18 de novembre.
- **Capítol II del Reial Decret 1699/2011 del 18 de novembre, Article 9.** Procediment de connexió abreujada



- Les instal·lacions amb una potència inferior a 10 kW que es vulguin connectar a un punt de la xarxa de distribució de baixa tensió es poden acollir a aquest article.
- El promotor de la instal·lació comunicarà a la empresa distribuïdora, mitjançant la tramesa del model simplificat de sol·licitud de connexió [3] que es troba a l'annex I d'aquest projecte, degudament complimentat, i de manera fefaent o a través dels mitjans electrònics disposats per aquesta, la sol·licitud de connexió la seva instal·lació amb la xarxa de distribució de baixa tensió, juntament amb una memòria tècnica del disseny, que reflectirà si la connexió proposada és en el mateix punt de subministrament on al seu interior, i indicant el CUPS del subministrament associat.
- L'empresa distribuïdora disposarà d'un termini de 10 dies hàbils a comptar des de la data de recepció de la sol·licitud per a contestar confirmant, o si fos el cas, denegant a l'interessat mitjançant un informe motivat i, sempre que sigui possible, remetent una proposta alternativa. El titular podrà dirigir la seva reclamació al òrgan de l'Administració competent, en un termini màxim d'un més des de la data de recepció, si no estigués d'acord amb la proposta remesa, així com en el cas de falta de contestació en el termini de 10 dies hàbils anteriorment indicat, per a que aquest resolgui i notifiqui en el termini d'un mes des de la data en la qual la sol·licitud de la resolució de la discrepància hagi tingut entrada al registre de l'òrgan competent per la seva tramitació.
- Una vegada realitzada la instal·lació, el titular remetrà a l'empresa distribuïdora de manera fefaent o a través dels mitjans electrònics disposats que aquesta, una sol·licitud de connexió de la instal·lació, acompanyada del contracte tècnic d'accés [4] que es troba a l'annex I d'aquest projecte, degudament complimentat i firmat, i el certificat d'instal·lació degudament tramitat per l'òrgan de l'Administració competent.

L'empresa distribuïdora disposarà d'un termini de 10 dies per a formalitzar el contracte tècnic d'accés, verificar i realitzar la connexió de la instal·lació de producció a la xarxa de distribució existent.

Si com a resultat de la verificació, la distribuïdora detectés deficiències, ho comunicarà al titular de la instal·lació, que haurà de solucionar les deficiències assenyalades abans de sol·licitar de nou la connexió.

- L'empresa distribuïdora podrà, si ho considera oportú, estar present durant la posada en servei de la instal·lació. A aquests efectes el titular de la instal·lació haurà de comunicar la data i l'hora en que es realitzarà amb una antelació mínima de 5 dies.
- Els consumidors que s'acullin a la modalitat d'autoconsum tipus 1 que puguin

acreditar que disposen d'un dispositiu d'injecció zero a la xarxa no haurà de pagar els estudis d'accés i connexió a la xarxa de distribució.

- **Article 11. Requisits de mesura de les instal·lacions acollides a les modalitats d'autoconsum:** diu de forma contradictòria al que diu l'article 4 que no es podran instal·lar aparells de consum entre el generador i el comptador (i un sistema de bateries en modalitat de càrrega actuària com un element de consum).
- **Article 12. Requisits particulars de mesura de les instal·lacions acollides a la modalitat d'autoconsum tipus 1.** Els equips de mesura de les instal·lacions acollides a la modalitat d'autoconsum 1 tindran la mateixa precisió i requisits de comunicació que li correspongui com a tipus frontera de consumidor.
- **Article 14. Règim econòmic de l'energia excendent i consumida.**
  - L'energia adquirida pel consumidor acollit a la modalitat d'autoconsum tipus 1 serà l'energia corresponent a la demanda horària.
  - El consumidor acollit a qualsevol modalitat d'autoconsum se li aplicaran els peatges d'accés a les xarxes de transport i distribució (Article 16), recàrrecs associats a costos del sistema (Article 17) i recàrrecs per altres sistema (Article 18).
  - També indica la modalitat d'autoconsum de tipus 1 en cap cas rebrà una retribució per injectar energia a la xarxa.
- **Peatges d'accés a les xarxes d'aplicació a les modalitats d'autoconsum.**
  - Per tal de determinar els components de la facturació dels peatges d'accés a les xarxes de transport i distribució al consumidor acollit a la modalitat d'autoconsum tipus s'aplicaran els següents criteris:
    - a) Per a la determinació dels components de facturació dels peatges d'accés a les xarxes el control de la potència contractada es realitzarà al punt frontera amb les xarxes de distribució
    - b) Per a la determinació del terme de facturació d'energia activa l'energia a considerar serà l'energia corresponent a la demanda horària.
  - No obstant això, la disposició transitòria primera estableix que les instal·lacions d'autoconsum de tipus 1 amb una potència contractada igual o inferior a 10 kW quedaran exemptes del pagament pel càrrec transitori per energia 0autoconsumida.
- **Article 17. Càrrecs associats als costos del sistema elèctric**
  - Per la determinació dels components de facturació dels càrrecs associats als costos del sistema elèctric en el cas de la modalitat d'autoconsum tipus 1, s'aplicaran amb caràcter general els següents criteris:
    - a) L'aplicació dels càrrecs fixes es realitzarà sobre la potència d'aplicació de càrrecs.
    - b) L'aplicació de càrrecs variables es realitzarà sobre l'energia corresponent a la suma de la demanda horària i de l'autoconsum horari.

- **Article 19. Registre administratiu d'autoconsum d'energia elèctrica.**
  - El Registre administratiu d'autoconsum d'energia elèctrica previst a l'article 9.4 de la Llei 24/2013, del 26 de desembre, del Sector Elèctric, es regirà pel que fa a la seva organització i funcionament d'acord amb allò que es disposa en el present títol.
- **Llei del Sector Elèctric 2013 24/2013. Article 9. Autoconsum d'energia elèctrica.**

Apartat 4:

  - Els consumidors aollits a les modalitats d'autoconsum d'energia elèctrica tindran l'obligació d'inscriure's al registre administratiu d'autoconsum d'energia elèctrica, creat amb aquesta finalitat al Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme.
- **Article 20. Inscripció al registre administratiu d'autoconsum d'energia elèctrica:** Tots els consumidors aollits a qualsevol de les modalitats d'autoconsum d'energia elèctrica hauran de sol·licitar la inscripció al Registre Administratiu d'autoconsum d'energia elèctrica.
- **Article 21. Procés d'inscripció al Registre administratiu d'autoconsum d'energia elèctrica:** Els consumidors aollits a la modalitat d'autoconsum tipus 1, l'empresa instal·ladora podrà realitzar la sol·licitud d'inscripció al registre, en nom del titular al punt de subministrament. En tot cas la responsabilitat d'estar inscrit recau sobre el titular.
- **Article 22. Modificació i cancel·lació de les inscripcions:**
  - Qualsevol fet que suposi la modificació d'alguna de les dades incloses a la comunicació d'inscripció o en la declaració responsable originària, haurà de ser comunitat per l'interessat en el termini màxim d'un mes a partir del moment en el qual es produeixi, adjuntant la corresponent declaració responsable.
  - La cancel·lació de les inscripcions al registre es produirà a instància de l'interessat o d'ofici suposant el cessament de l'activitat i de falta de tramesa dels documents i dades exigides al present títol.
  - Per tal de procedir a la cancel·lació d'ofici de la inscripció serà necessària la instrucció del corresponent procediment en qual es donarà prèvia audiència a l'interessat.
  - La cancel·lació d'inscripció serà notificada a la empresa distribuïdora i, si es dona el cas, a l'empresa transportista. L'empresa distribuïdora ho comunicarà a l'empresa comercialitzadora amb la que, en cada cas, tingui contractat el subministrament.
- **Disposició addicional cinquena. Instal·lacions de producció d'energia elèctrica amb potència nominal no superior a 100 kW, connectades a tensió no superior a 1 kV, ja sigui a la xarxa de distribució a la xarxa interior d'un consumidor:** Aquesta disposició addicional anul·la la tramitació de demanar una autorització administrativa prèvia i una autorització administrativa de construcció ja que és una instal·lació amb una potència instal·lada inferior a 10 kW.

Tota la normativa descrita en aquest apartat és vigent, tot i que cal tenir en compte que pot variar si entra en vigor una nova legislació.

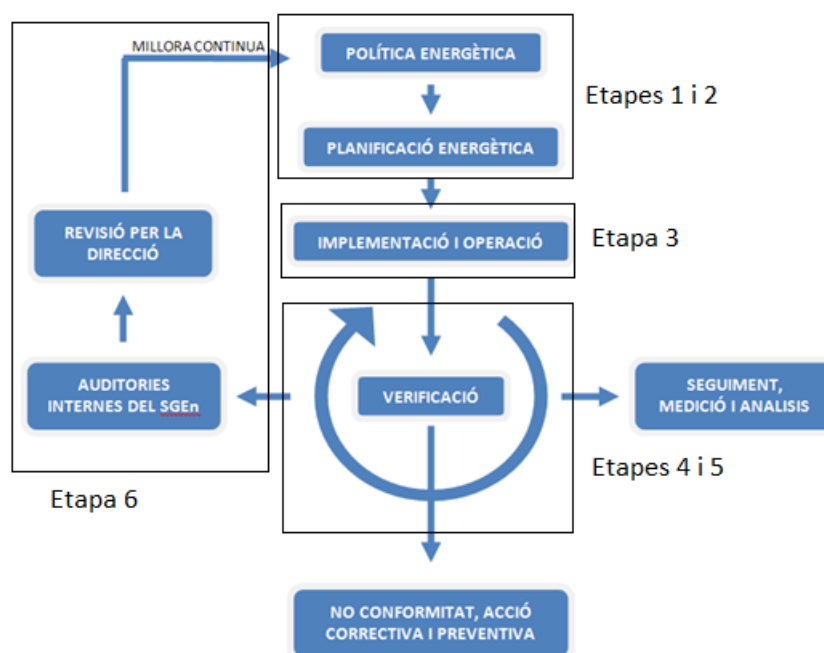
## 2. MÈTODE

Aquest treball és durà a terme en un marc de referència que tingui en compte la metodologia de treball i els requisits legals als quals s'haurà d'acollir. Aquest serà el marc lògic del projecte, on seguidament es desenvoluparà el marc físic del projecte.

En aquest treball el marc de referència es regirà principalment per dos conceptes: l'eficiència energètica i la legislació referent a les instal·lacions d'energia solar fotovoltaica.

### 2.1. Marc lògic

La metodologia que presenta la ISO 50001:2011 s'utilitzarà per tal de millorar l'eficiència energètica. Per realitzar una auditoria energètica prèvia s'utilitzarà l'UNE-EN 16247-2:2014. [5]



**Figura 2.1.** Identificació etapes de l'algorisme (Font: Caballé & Associats Enginyers [1])

Seguidament es mostrarà el mètode més detallat basat en l'esquema de la millora continuada de la ISO 50001 i també les accions que dutes a terme en cada part del procés:

- Etapa 1: En primer lloc és necessari realitzar la realització de l'auditoria energètica abans d'implementar la optimització energètica a l'habitatge. Les tasques més rellevants d'aquesta etapa són:

- Planificar el procés de treball per tal de realitzar el projecte
- Obtenció de bibliografia sobre els temes escaients.
- Conèixer les principals càrregues a millorar en un habitatge.
- Obtenció dels perfils de consums i de les factures de l'habitatge on es realitzarà l'auditoria.
- Obtenció dels detalls sobre la construcció de l'habitatge: aïllaments, vidrieres i tancaments.
- Reconèixer els consums específics de les càrregues de l'habitatge estudiat.
- Etapa 2: Aquesta etapa consisteix a analitzar les possibles solucions, i se n'estudia la seva factibilitat.
  - Recerca sobre l'aprofitament de l'energia solar, especialment la fotovoltaica.
  - Aportar opcions per tal de reduir la dependència dels combustibles fòssils.
  - Estudiar la normativa aplicable pel que fa a les instal·lacions solars fotovoltaïques.
  - Estimar els estalvis econòmics i energètics que es poden aconseguir establint noves mesures com per exemple la reducció de les emissions de diòxid de carboni i la reducció del cost i del consum.
  - Verificar la factibilitat tècnica de les mesures plantejades.
  - Avaluar la viabilitat econòmica de les noves mesures indicades.
- Etapa 3: En aquesta etapa el principal objectiu és indicar les solucions més factibles des del punt de vista energètic.
  - Identificar solucions per tal d'optimitzar el consum de cada càrrega.
  - Dimensionar un sistema híbrid d'acord amb les càrregues un cop optimitzades de l'habitatge
  - Disseny del sistema de gestió de l'energia (HEMS) per tal d'aprofitar al màxim l'energia solar fotovoltaica.
- Etapa 4: Aquesta etapa es fa càrrec d'estudiar tant la viabilitat tècnica com econòmica de les mesures aportades.
  - En el supòsit que les mesures aportades no siguin viables, realitzar un informe de disconformitats justificant les raons d'aquesta manca de viabilitat i tornar a l'etapa 2 per tal de cercar altres eleccions que puguin ser viables.
- Etapa 5: Executar les mesures que es volen establir.
  - Si s'escau substituir les càrregues de l'habitatge per d'altres de més eficients.
  - Instal·lar el sistema híbrid.
- Etapa 6: Tal com assenyala la ISO 50001 es indispensable un cop finalitzat aquest procés seguir oferint noves millores per continuar optimitzar encara més la eficiència energètica de l'habitatge objecte d'aquest projecte.

## 2.2. Marc físic

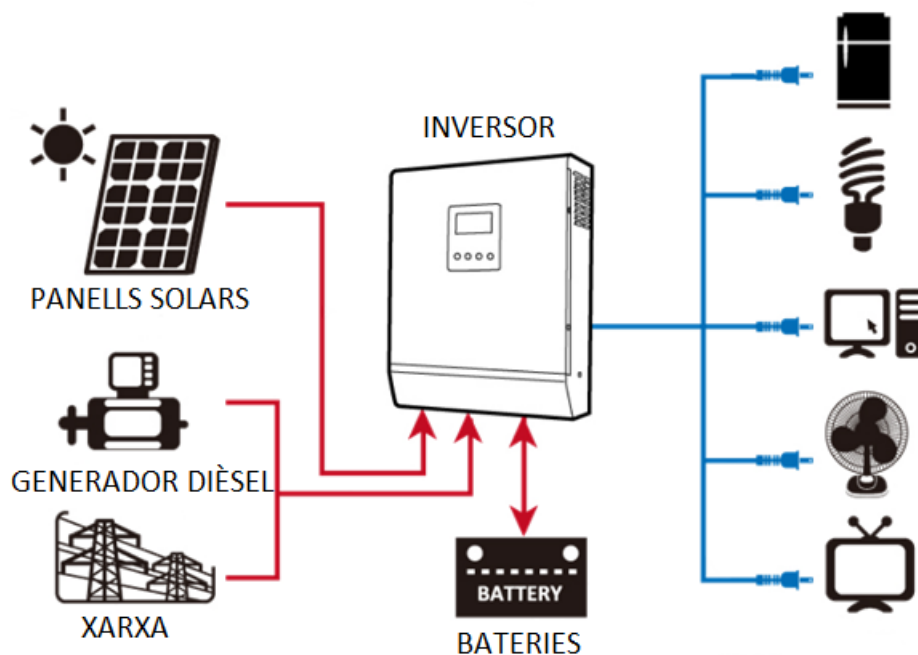
Un dels aspectes més restrictius del marc físic d'aquest projecte és la normativa en vigor que regularitza les instal·lacions solars fotovoltaïques. Aquesta normativa regularitzarà el procediment de la instal·lació del sistema solar fotovoltaic.

A continuació es descriurà el sistema solar fotovoltaic.

### 2.2.1. Sistema solar híbrid connectat a la xarxa.

Ja que l'energia solar no és constant, en aquest cas es contemplarà l'opció d'emmagatzemar en bateries l'energia solar fotovoltaica per tal d'optimitzar la seva contribució al sistema solar fotovoltaic.

Aquest sistema també consta d'un generador dièsel pels moments en els quals la xarxa no està funcionant.



**Figura 2.2.** Configuració solar fotovoltaica connectada a la xarxa amb suport d'un generador dièsel i bateries (Font: Cambio energético [6])

En aquest sistema, el regulador sempre donarà preferència a la producció d'origen fotovoltaic.

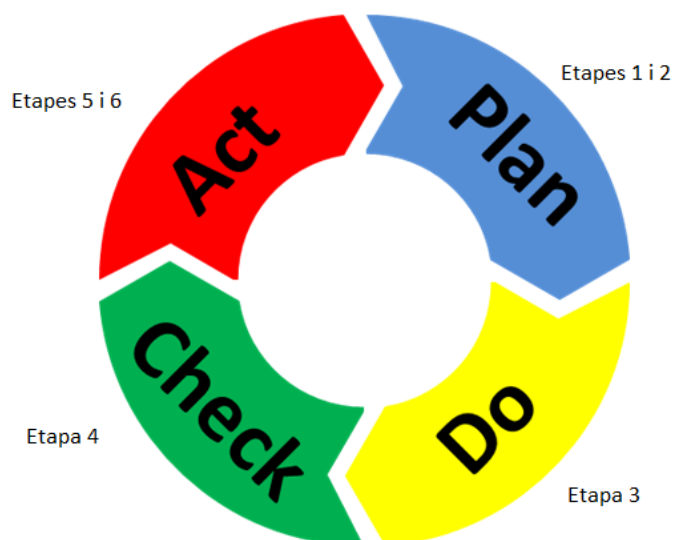
## **2.3. Algorisme de millora energètica**

El mètode creat per tal d'optimitzar energèticament un habitatge unifamiliar va marcat per la ISO 50001 i l'UNE-EN 16247-2:2014.

El mètode es pot sintetitzar amb les següents etapes:

- Etapa 1 – Planificació de l'auditoria: planificació del procés, cerca de bibliografia, referències i documentació. Identificar les principals càrregues energètiques i obtenir els consums.
- Etapa 2 – Recerca i viabilitat: S'estudien les possibles millores pel que fa a l'eficiència energètica de l'habitatge. Assegurar-se que cada millora exposada és legalment viable. També cal comprovar que sigui tècnicament factible i s'estudia els seus costos de la inversió i el període d'amortització).
- Etapa 3 – Optimització: Avaluar quina és la solució òptima de les quals s'han proposat a l'apartat anterior. Tant pel que fa a l'optimització de les càrregues com el disseny del sistema híbrid.
- Etapa 4 – Verificació: Comprovar que les mesures escollides són viables a nivell tècnic i econòmic. Si no fossin viables, cal fer un anàlisi de causa de disconformitat
- Etapa 5 – Implementació: Un cop complerta la fase de verificació es passa a implantar les mesures anteriorment seleccionades.
- Etapa 6 –Millora contínua: Suggerir mesures a implantar en un futur per tal d'aconseguir una millora continuada. Reexaminar aquestes propostes regularment.

Aquesta procediment compleix amb la seqüència PLANIFICACIÓ-EXECUCIÓ-AVALUACIÓ-ACTUACIÓ (PLAN-DO-CHECK-ACT en anglès), també coneguda com el Cercle de Deming. Aquesta seqüència és cíclica i consta d'actuacions que es fan al llarg del cicle de vida d'un servei per planificar la seva qualitat i assolir una millora contínua.



**Figura 2.3.** Diagrama de la seqüència Planificació-Execució-Avaluació-Actuació (Font: All about Lean [7])

A continuació és mostra l'algorisme creat a partir dels criteris assenyalats anteriorment. Aquest algorisme descriu la metodologia utilitzada per dur a terme aquest projecte.



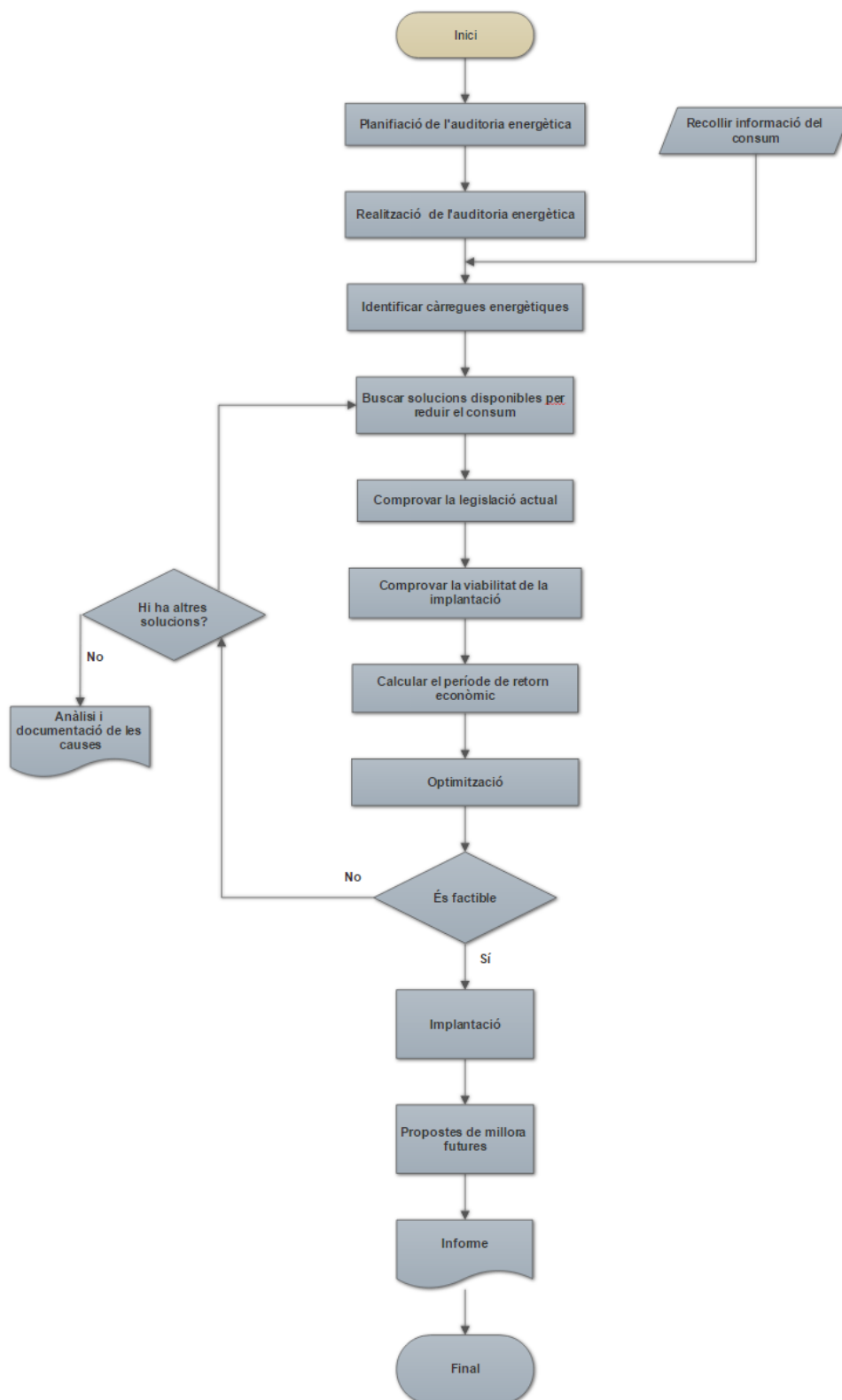


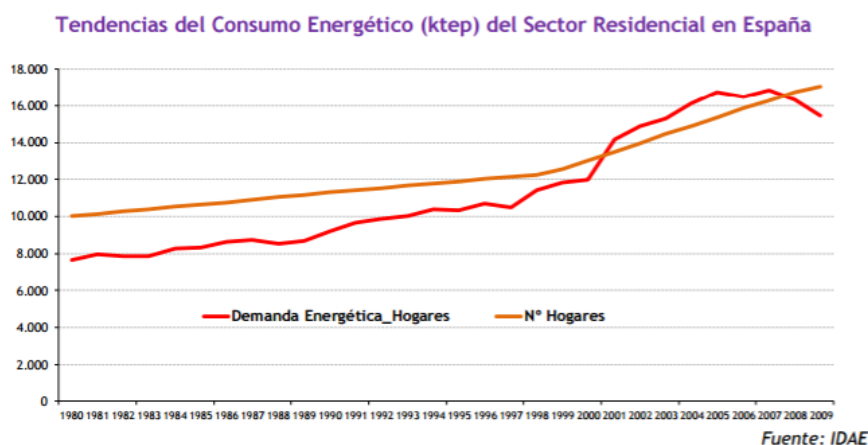
Figura 2.4. Diagrama de flux sobre la seqüència de treball (Font: Projecte)

### 3. PLANIFICACIÓ ENERGÈTICA DE LES CÀRREGUES

#### 3.1. Consums

El Projecte SECH-SPAHOUSEC [8] (“Anàlisi del consum energètic del sector residencial a Espanya”), realitzat per l’Institut de Diversificació i Estalvi de l’Energia, posa de manifest la importància del sector residencial ja que representa el 17% de la demanda energètica i un 25% del consum total a nivell nacional. Segons aquest projecte, el consum mitjà anual en una llar espanyola és de 10521 kWh.

Per garantir les necessitats bàsiques dels consumidors d’higiene i confort és essencial el consum elèctric, però tal com mostra la tendència actual de la gràfica següent, és possible reduir el consum d’energia a les llars. Això és desitjable per disminuir la dependència energètica exterior i també reduir la petjada ecològica.



**Figura 3.1.**Estructura del consum segons usos energètics (Font: IDAE, SPACHOUSE [8])

El consum mitjà dels habitatges unifamiliars és de 17.012 kWh/llar, pràcticament el doble de la mitjana nacional. Cal tenir en compte que un habitatge unifamiliar es de mitjana 40 m<sup>2</sup> més extens que un pis, per tant el consum pel que fa a la calefacció també serà més elevat (un 64% respecte un 47%). Els següents consums ordenats segons la importància són els electrodomèstics i l’aigua calenta sanitària. Per poder millorar els consums d’un habitatge és precís conèixer-los i saber quin pes tenen respecte el total.

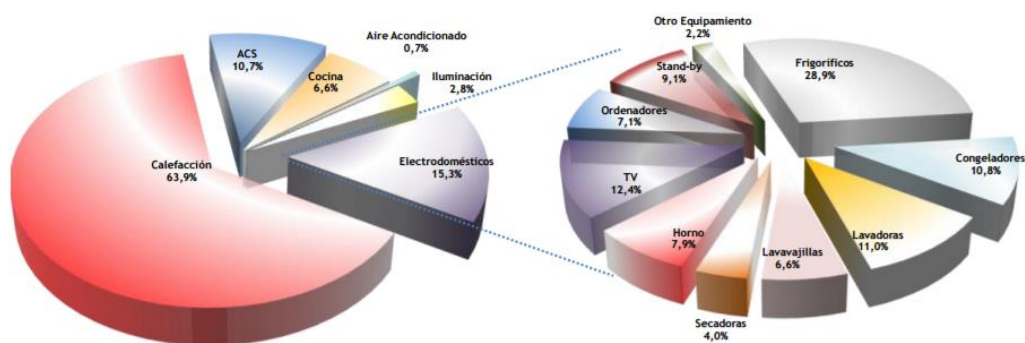


Figura 3.2. Estructura del consum segons usos energètics (Font: IDAE, SPACHOUSE [8])

A continuació, es procedirà a presentar la situació actual de l'habitatge i també les solucions per millorar l'eficiència energètica aplicables.

## 3.2. Eficiència energètica

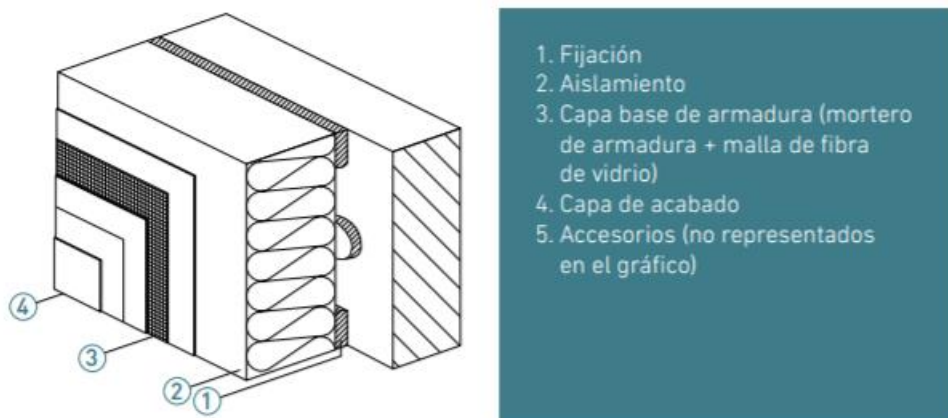
### 3.2.1. Aïllament tèrmic

El fet d'escalfar un habitatge es l'activitat domèstica que requereix més energia. En els habitatges unifamiliars representa 63,9% del consum total d'energia.

Per tant un bon sistema d'aïllament tèrmic en els habitatges suposa un gran estalvi pel que fa al consum energètic a llarg termini. L'aïllament tèrmic d'un habitatge es pot definir com la capacitat dels materials per oposar-se al pas de la calor per conducció a través seu, que s'avalua mitjançant la resistència del material.

L'Institut per a la diversificació i estalvi d'energia (IDAE) presenta un document anomenat SATE (Sistemes d'Aïllament Tèrmic Exterior) per la rehabilitació de l'envoltant tèrmica dels edificis.

Un sistema SATE és un sistema compost d'aïllament per l'exterior que es subministra com a conjunt i s'utilitza per aïllar tèrmicament edificis. Aquests sistemes han de tenir com a mínim un valor de resistència tèrmica igual o superior a  $1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ , tal com s'indica a la guia ETAG 004 i a les normes UNE-EN 13499 i 13500. S'utilitzen tant en nova construcció com en la rehabilitació d'edificis.



**Figura 3.3.** Esquema bàsic de sistema SATE (Font: Sistemes d'Aïllament Tèrmic Exterior (SATE) per la Rehabilitació de l'Envoltant Tèrmica dels edificis[9])

Mitjançant un sistema SATE es revesteix i aïlla l'exterior de l'edifici adaptant-se a les geometries del mateix. Els sistemes SATE que incorporen un aïllament amb un gruix òptim garanteixen grans reduccions de l'energia que es dissipa a l'exterior, aconseguint un a reducció del consum de combustible pròxima al 30% i un estalvi energètic consistent i continuat (calefacció a l'hivern i aire condicionat a l'estiu). S'estima que la inversió realitzada per la instal·lació del sistema s'amortitza, de mitjana, al cap de 5 anys.

Tot i que les majors pèrdues es donen a l'envoltant de l'edifici, també es donen als sistemes de canonades i a les vidrieres.

Seguidament es presenten solucions eficients tant per l'envoltant tèrmica, com per les canonades i les vidrieres[9].

### 3.2.1.1. Envoltant de l'edifici

La Guia SATE mostra els materials d'aïllament utilitzats generalment:

- **Poliestirè expandit (EPS):** és un material plàstic escumat, derivat del poliestirè. La seva principal aplicació és la construcció com a aïllant tèrmic en edificació i obra civil. També s'utilitza en façanes i cobertes.
- **Llana mineral:** és un material flexible de fibres inorgàniques constituït per un entrellaçament de filaments de materials petris que formen un filtre que conté i manté l'aire en estat immòbil.

Aquesta estructura permet aconseguir productes molt lleugers amb un alt nivell de protecció i aïllament tèrmic, acústica i contra el foc. S'utilitza en aïllaments interiors tant a les cobertes com a les façanes.

- **Poliuretà conformat (PUR):** és una escuma rígida de cel·les tancades. Les planxes aïllants i els blocs d'escuma rígida fabricats de poliuretà són apreciats pel sector de la construcció, especialment per les seves característiques d'aïllament tèrmic i propietats mecàniques.
- **Poliestirè extruït (XPS) [10]:** les seves sigles signifiquen escuma de poliestirè extruït, i és un material aïllant que, degut a les seves propietats, és àmpliament utilitzat en la indústria de la construcció. És un material conegut per la seva alta resistència a la compressió, la seva pràcticament nul·la absorció d'aigua, excel·lent comportament com aïllant tèrmic i una gran durabilitat, mantenint-se inalterable amb el pas del temps.
- **Suro expandit [11]:** L'estructura alveolar del sura, tanmateix la seva baixa conductivitat, fan que aquest material estigui molt ben valorant com a aïllament tèrmic i acústic.

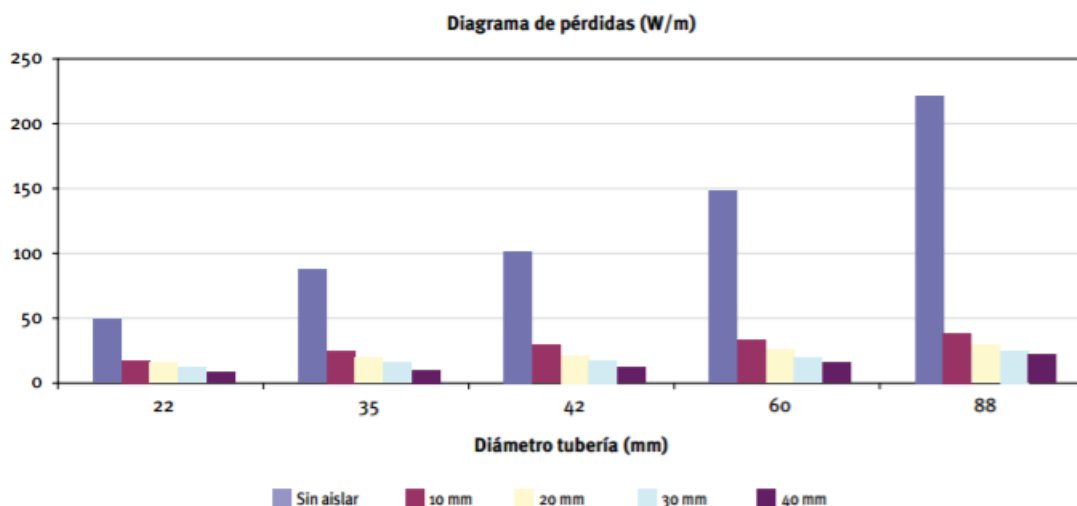
És un material natural pel que fa a la seva obtenció i fabricació, ja que al no es precisa cap additiu químic. A més a més no pot ser atacat per insectes i altres microorganismes.

És un material reciclable i reutilitzable, independentment del temps transcorregut des de la seva elaboració i ja que manté intactes totes les seves característiques tècniques.

### **3.2.1.2. Canonades**

Per tal de millorar l'eficiència és important aïllar correctament les canonades ja hi circulin fluids calents o freds de les instal·lacions de calefacció, climatització, aigua calenta sanitària i energia solar tèrmica.

En el següent gràfic s'observa que les majors pèrdues es donen a les canonades que no estan aïllades, i amb diferents gruixos en funció dels diàmetres. A major diàmetre sense aïllament, majors pèrdues, mentre que amb canonades aïllades les pèrdues es redueixen notablement.



**Figura 3.4.** Estudi comparatiu de pèrdues energètiques en canonades (Font: IDAE, [15])

L'aïllament tèrmic de les canonades es troba recollit a la instrucció IT 1.2.4.2 del Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques als Edificis.

### 3.2.1.3. Vidrieres i tancaments

Com ja s'ha comentat anteriorment l'aïllament tèrmic d'un edifici pot suposar un estalvi energètic significatiu [16]. En aquest apartat tractarà les oportunitats d'estalviar energia mitjançant la reposició dels vidres de les finestres i en alguns casos substituint tota la finestra (marc, vidre i canviar el sistema d'obertura i tancament)

- **Marc:** normalment és responsable del 25% al 35% de la superfície del buit. Les seves principals característiques des del punt de vista de l'aïllament tèrmic són la transmitància tèrmica i la seva absorptivitat.  
Poden ser de (ordenats de més a menys transmitància tèrmica):
  - Metàl·lics amb RPT (Ruptura de Pont Tèrmic)
  - Fusta
  - PVC
- **Sistema d'obertura i tancament:** és de gran importància no obstant els materials del marc. Aquesta importància és deguda a que el sistema d'obertura i tancament pot condicionar la seva permeabilitat a l'aire.
- **Propietats del vidre:** Des del punt de vista de l'aïllament tèrmic les principals característiques dels vidres són:
  - La transmitància tèrmica ( $W/m^2K$ )

- El factor solar (g): porció d'energia solar que travessa el vidre respecte la total incident.

Seguidament es mostren els diversos tipus de vidre existents segons la seva configuració:

- **Vidre senzill (monolític):** vidrieres formades per una única fulla de vidre, o bé per o més unides entre si per tota la superfície.
- **Unitat de Vidre Aïllant (UVA):** vidriera formada per dos o més làmines de vidres monolítics separats entre si per un o més espaiadors, hermèticament tancats al llarg de tot el perímetre
- **Vidre de baixa emissivitat:** vidres monolítics sobre els quals s'ha depositat una capa d'òxids metàl·lics extremadament fina (de l'ordre de nanòmetres) proporcionant al vidre una capacitat d'aïllament tèrmic reforçada.
- **Vidres de control solar:** vidres de diversos tipus (vidres de color, serigrafiats o de capa). Les diferents capes i la possibilitat d'aplicar-se substrats vitris permet una gran gamma de possibilitats amb diferents estètiques. El factor solar pot variar des de 0,1 (els més reflectants) fins a 0,6 (els vidres incoloros).

### 3.2.2. Climatització

La calefacció, com ja s'ha dit és la principal càrrega energètica. En un habitatge hi poden haver aparells per tal d'augmentar i també disminuir la temperatura.

Les tecnologies més importants a l'hora de climatitzar un habitatge són les calderes, els estudis elèctrics i finalment les bombes de calor

- **Calderes:** és el sistema que més s'utilitza. És una màquina o aparell dissenyat per escalfar aigua, per combustió d'un combustible com gas, gasoil, carbó, biomassa, etc. Després aquesta aigua calenta es fa arribar als radiadors de l'habitatge mitjançant les canonades. La seva eficiència ronda el 90%. Normalment serveixen per escalfar l'habitatge i a més a més aportar aigua calenta sanitària.
- **Estufes elèctriques:** normalment escalfen per mitjà de l'efecte Joule. Els materials no conductors no són bons conductors, per tant es perd energia en forma de calor. Tenen un consum molt alt i el seu rendiment no és gaire elevat.
- **Bombes de calor:** pot ser utilitzada tant per escalfar com per refrigerar i a més a més pot

proveir l'habitatge d'aigua calenta sanitària. Aquest equips utilitzen les propietats de canvi d'estat d'un fluid refrigerant. Aquest fluid refrigerant en estat gasós es comprimit mitjançant un compressor. A l'eleva la pressió cedeix calories a un condensador i passa a estat líquid. Després travessa una vàlvula d'expansió: la seva pressió i temperatura s'eleva, i passa a estat gasós dins d'un vaporador on recupera calories i genera calor. En el cas d'una bomba de calor reversible (aire condicionat), aquest cicle s'inverteix, de forma que l'evaporador es col·locarà dins de l'estança i condensador fora provocant l'efecte invers: transferir la calor de dins del local a fora de forma que la temperatura de l'estança baixarà.

Tot i que l'eficiència energètica és important per tal de reduir el consum energètic també cal ajustar bé la temperatura tant a l'estiu com a l'hivern per tal de no malbaratar energia.

### **3.2.3. Il·luminació**

La il·luminació representa pràcticament el 3% del consum energètic d'un habitatge unifamiliar, tot i que es pot reduir força gràcies a l'aprofitament de la llum natural i utilitzant aparells d'il·luminació d'alta eficiència.

#### **3.2.3.1. Il·luminació natural**

La il·luminació natural es totalment gratuïta. Tot i això es imprevisible, i depèn en funció de l'estació i de la climatologia.

També convé remarcar que l'aprofitament de la il·luminació pot augmentar si l'habitatge es construeix amb orientació sud. Un altre factor que hi intervé és la mida i posició de les vidrieres.

#### **3.2.3.2. Il·luminació artificial**

Pel que fa a la tipologia de les fonts d'il·luminació, existeixen diverses opcions diferenciades pel seu nivell d'eficiència lumínica.

L'eficàcia lumínica  $[\eta]$  d'una font de llum és la relació existent entre el flux lluminós [lúmens] emès per una font de llum i la potència consumida [watts].

Avui en dia les opcions que es troben al mercat són:

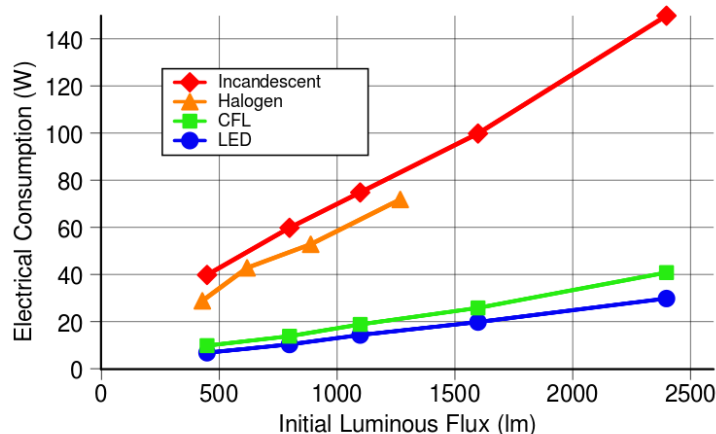
- **D'incandescència:** Hi ha dos tipus de bombetes d'incandescència les no halògenes i les halògenes.
  - No halògenes: Actualment ja no s'utilitzen massa ja que la seva eficàcia lumínica és molt baixa. Una bombeta incandescent es vivament lluminosa a causa de la seva temperatura. Els electrons passen a altres velocitats per un fil de tungstè i com els electrons passen a



altes velocitats en un espai que es massa petit, el fil s'escalfa per efecte Joule. S'escalfa tant que produeix llum.

- Halògenes: Les bombetes incandescent halògenes són un perfeccionament de les bombetes incandescentes no halògenes. Està basada en el mateix principi que la bombeta no halògena, però conté una petita quantitat d'un gas halogen (normalment iode o brom). Aquesta variació augmenta l'eficiència lumínica de la bombeta.
- **De descàrrega:** el funcionament d'una làmpada de descàrrega es basa en el fenomen de la luminescència, pel qual es produeixen radiacions lluminoses amb un escàs augment de la temperatura, és per això que se'n diu de llum freda. Es classifiquen segons el gas utilitzat (vapor de mercuri o sodi) o segons la pressió a la que es trobin (alta o baixa)
- **LED** (díode emissor de llum en anglès): una bombeta LED utilitza leds com a font lluminosa. Atès que la llum capaç d'emetre un LED no és gaire intensa, per aconseguir la intensitat lluminosa similar a altres llums existents com les incandescentes els llums LED estan compostos per agrupacions de leds, en major o menor nombre, segons la intensitat lluminosa desitjada.

El gràfic que hi ha a continuació mostra el consum d'energia per als diferents tipus de llums i els diferents fluxos de llum de sortida. Els punts més baixos de la gràfica corresponen a un menor consum d'energia.



**Figura 3.5.** Comparació de la utilització d'energia de diferents tipus de bombetes (Font: Llum LED, [17])

Cal tenir en compte que en algunes làmpades de sostre que tenen diverses bombetes no sempre cal posar-les totes si amb menys bombetes ja s'aconsegueix la il·luminació adequada.

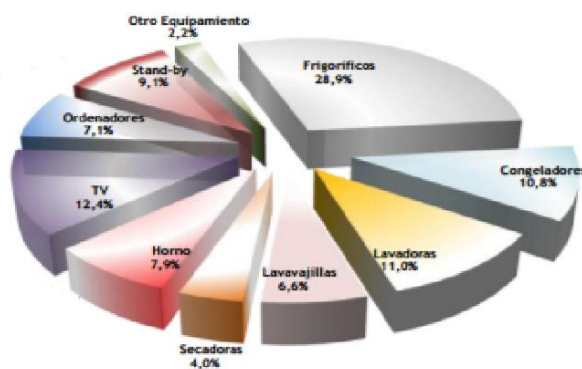
Com es pot observar, la tecnologia LED (díode emissor de llum) permet oferir la mateixa eficàcia lumínica amb menor potència. A més a més la seva vida útil és la més llarga. L'inconvenient de les fonts de llum LED són també les més cares.

Una bombeta halògena costa al voltant de 3,5 €, en canvi un bombeta LED val uns 7 €. Tot i aquesta diferència de preu la bombeta més eficient en tots els sentits es la LED.

També cal esmentar que les lluminàries compten amb etiquetatge d'eficiència energètica. Per tant si és vol prioritzar l'eficiència energètica cal utilitzar lluminàries que puguin funcionar amb les bombetes més eficients.

### 3.2.4. *Electrodomèstics*

Els electrodomèstics son, després de la calefacció, l'altre gran consumidor a les llars, arribant a representar fins a un 15,3% del consum total [8].



**Figura 3.6.** Repartiment del consum dels electrodomèstics en un habitatge unifamiliar (Font: IDAE, SPACHOUSE [8])

L'eficiència dels electrodomèstics és el factor més important, tot i que també convé fer-ne un ús responsable.

A continuació és mostra l'etiquetat del electrodomèstics segons la seva eficiència:

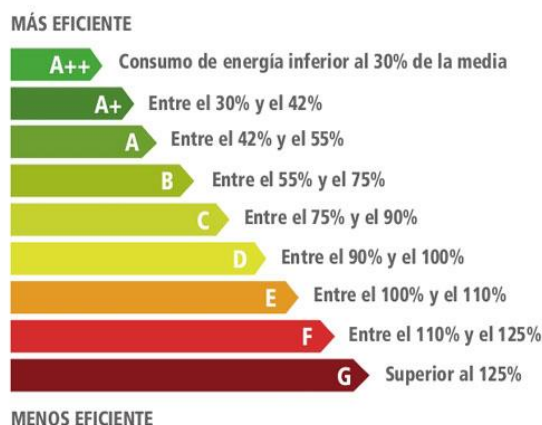


Figura 3.7. Normes en l'etiquetat d'eficiència dels electrodomèstics (Font: Esse-Energia[18])

### 3.2.5. Stand-by

Es denomina *stand-by*, o en espera al consum en espera de diferents aparells electrònics, com per exemple la televisió, reproductors d'àudio o de vídeo, aire condicionat, etc. En *stand-by*, l'aparell es troba connectat a l'espera de rebre ordres, per tant consumeix energia elèctrica.

Representa aproximadament el 3% del consum elèctric total de l'habitatge.

A continuació es contra l'energia consumida i el preu que suposa mantenir els electrodomèstics més freqüents en *stand-by*.

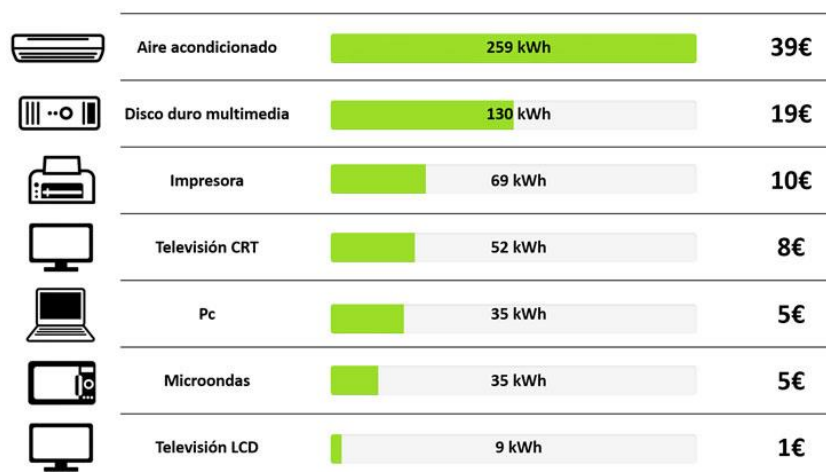


Figura 3.8. Repartiment del consum dels electrodomèstics en un habitatge unifamiliar (Font: Casa Domo [19])

Avui en dia hi ha dues opcions per tal d'eliminar l'*stand-by*.

- Regletes eliminadores d'*stand-by*[20]: són regletes especials. Són una mica més cares que les normals (aproximadament 20 €) perquè inclouen un sistema mitjançant el qual detecten quan el principal dispositiu connectat a elles s'apaga i de forma automàtica deixa d'enviar energia als perifèrics.
- Sistemes eliminadors d'*stand-by* [21]: són uns dispositius col·locats entre la presa de corrent de la paret i els aparells. L'eliminador mesura la corrent que consumeixen els aparells quan estan encesos, de forma que quan és posen en mode *stand-by* detecta la disminució de consum i talla el pas de corrent, apagant-los completament. El seu preu ronda els 20 €.

## 4. SISTEMA HÍBRID

### 4.1. Introducció a l'energia solar

La principal font d'energia d'aquest planeta és el Sol [22], però la Terra només n'intercepta una mínima part. L'energia que procedeix del sol és font directa o indirecta de gairebé tota l'energia que s'utilitza. Els combustibles fòssils existeixen gràcies a la fotosíntesi que va convertir la radiació solar en les plantes i els animals de les quals es van formar el carbó, gas i petroli. El cicle de l'aigua, que permet obtenir energia hidroelèctrica és mogut per l'energia solar que evapora l'aigua, forma núvols i les dues parts endins on caurà en forma de pluja o neu. El vent també es forma quan unes zones de l'atmosfera són escalfades pel sol en major mesura que unes altres. L'energia solar com a font energètica té l'avantatge que és inesgotable, es pot concentrar i no contamina.

La tecnologia actual permet la utilització de l'energia solar mitjançant els dos procediments següents:

- **Escalfament directe de locals pel Sol:** També anomenat arquitectura bioclimàtica aprofita el Sol per escalfar l'ambient. Els elements més importants d'aquesta arquitectura són el disseny, l'orientació, el gruix dels murs, la grandària de les finestres, els materials de construcció emprats i el tipus d'envidraments. S'utilitza en hivernacles, habitatges i altres locals.
- **Acumulació de la calor solar:** Es realitza amb panells o estructures especials col·locades en llocs exposats al Sol, com les teulades dels habitatges. S'usa, sobretot per escalfar aigua i pot suposar un important estalvi energètic. Es realitza a partir de col·lectors, superfícies exposades a la radiació solar que permeten absorbir la seva calor i transmetre-la al fluid.

La conversió fotovoltaica permet transformar directament l'energia solar en energia elèctrica.

Aquest estudi es centrarà en la implementació d'energia solar fotovoltaica.

#### 4.1.1. Radiació solar incident en la superfície de l'atmosfera

L'energia solar arriba a la Terra en forma d'ones electromagnètiques que es desplacen per l'espai en totes les direccions sense cap suport material. Aquest efecte és el que anomenem radiació solar i fa referència a un fenomen físic vibratori que es representa en forma d'ones.

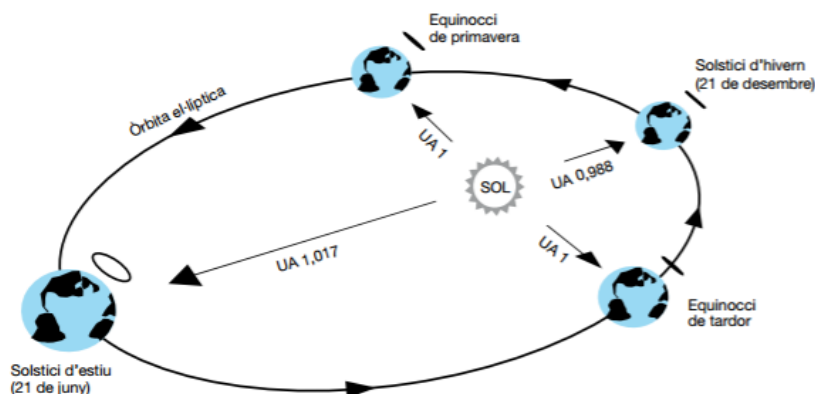
##### 4.1.1.1. Constant solar

La potència de la radiació solar rebuda sobre una unitat de superfície ( $m^2$ ), sobre un pla tangent a

l'esfera imaginària formada per la capa externa de l'atmosfera, s'anomena constant solar.

El valor d'aquesta constant és de  $1353 \text{ W/m}^2$ .

Encara que aquest calor s'anomeni "constant solar", no és un valor fix, sinó que varia aproximadament  $\pm 3\%$  en funció de les variacions de la distància Sol-Terra durant l'any.

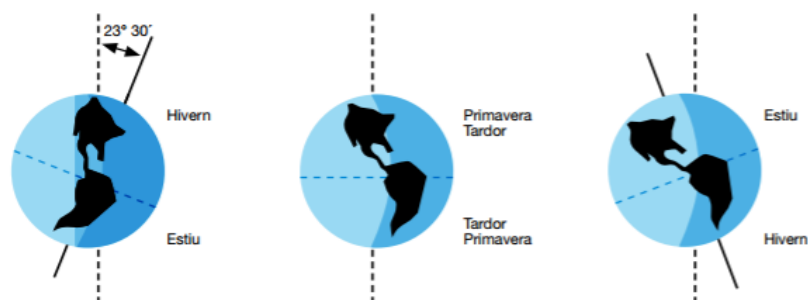


**Figura 4.1.** Representació gràfica del desplaçament de la Terra al voltant del Sol (Font: *Energia solar fotovoltaica, Institut català de l'energia [22]*)

#### 4.1.2. Radiació solar incident en la superfície de la Terra

La radiació solar incident en la superfície de la Terra depèn dels següents factors.

- **Localització geogràfica:** Com més allunyats de l'equador un lloc estigui situat, menys nivell de radiació incident per unitat de superfície ( $\text{W/m}^2$ ) es tindrà. Això es causat, principalment, per l'angle d'incidència de la radiació sobre la Terra. L'alçada respecte el nivell del mar també hi influeix, ja que fa variar la distància entre el punt d'ubicació i l'estratosfera.
- **Factor estacional:** Les estacions de l'any vénen determinades per la declinació de la Terra respecte al Sol, cosa que fa variar l'angle d'incidència i el temps d'exposició a la radiació solar.



**Figura 4.2.** Representació gràfica de la declinació solar de la Terra en funció de l'estació de l'any (Font: *Energia solar fotovoltaica*, Institut català de l'energia [22])

- **Factor climatològic:** De l'energia que travessa l'atmosfera i que incideix sobre l'escorça de la Terra, una part principal arriba en forma directa, és a dir, que no pateix canvis de dispersió en la direcció. La resta d'energia arriba de manera difusa o dispersa. Aquesta última correspon als raigs desviats per les gotes de vapor d'aigua en suspensió (núvols). Com més ennuvolat és el dia, més important és la radiació difusa.

La climatologia específica de la localització establerta serà el factor determinant de la radiació solar incident, ja que els elements climatològics com els núvols o les boires actuen com un intens filtre de la radiació solar que la redueix d'una manera important.

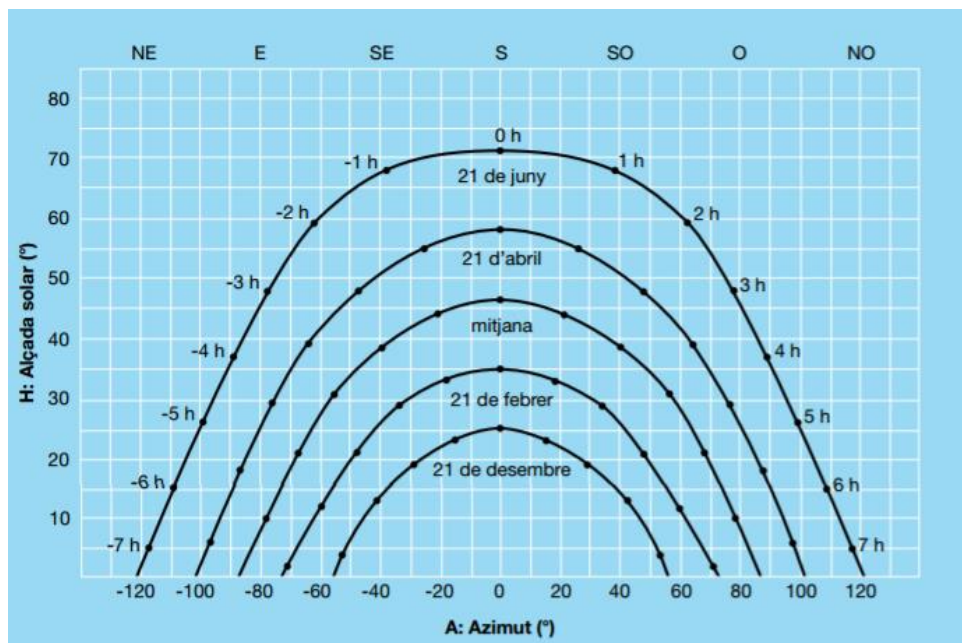
**Taula 1.** Influència del factor climatològic (Font: *Energia solar fotovoltaica*, Institut català de l'energia [22])

	Radiació global ( $W/m^2$ )	Percentatge de difusa (%)
Cel clar	750-1000	10-20
Parcialment núvol	200-500	20-90
Tapat	50-150	90-100

- **Valor estàndard de referència hora sol pic (HSP):** A causa de la variabilitat pel que fa a possibles valors de la radiació incident en un lloc i en un moment determinats sobre la Terra, la indústria ha fixat un valor de referència per a la prova d'equips, amb un valor de  $1000 W/m^2$ .

#### 4.1.3. Avaluació del recurs "radiació solar incident"

Considerant la Terra com a punt de referència fix, l'alçada solar varia durant el dia. El Sol surt molt baix sobre l'horitzó, assoleix l'alçada màxima al migdia, per tornar a amagar-se a la tarda. De la mateixa manera, cada dia de l'any el Sol arriba a una alçada màxima diferent.

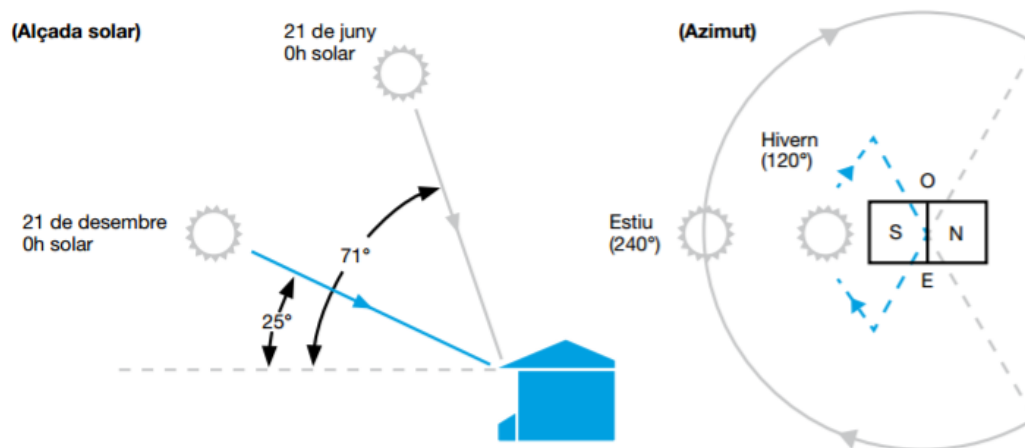


**Figura 4.3.** Diagrama de les trajectòries del Sol a Catalunya (Font: *Energia solar fotovoltaica, Institut català de l'energia* [22])

- **Paràmetres de la posició del Sol:**

**Azimut (A):** és l'angle comprès entre la projecció dels raigs solars sobre el pla tangent a la superfície terrestre i el sud geogràfic. L'azimut de  $0^\circ$  correspon al moment en què el Sol es troba exactament sobre el sud geogràfic i indica el migdia, les 12:00h, hora solar.

**Alçada solar (H):** és l'angle que formen els raigs solar amb l'horitzontal quan arriben a la superfície de la Terra.



**Figura 4.4.** Representació gràfica dels paràmetres significatius de la trajectòria solar (Font: *Energia solar fotovoltaica, Institut català de l'energia* [22])

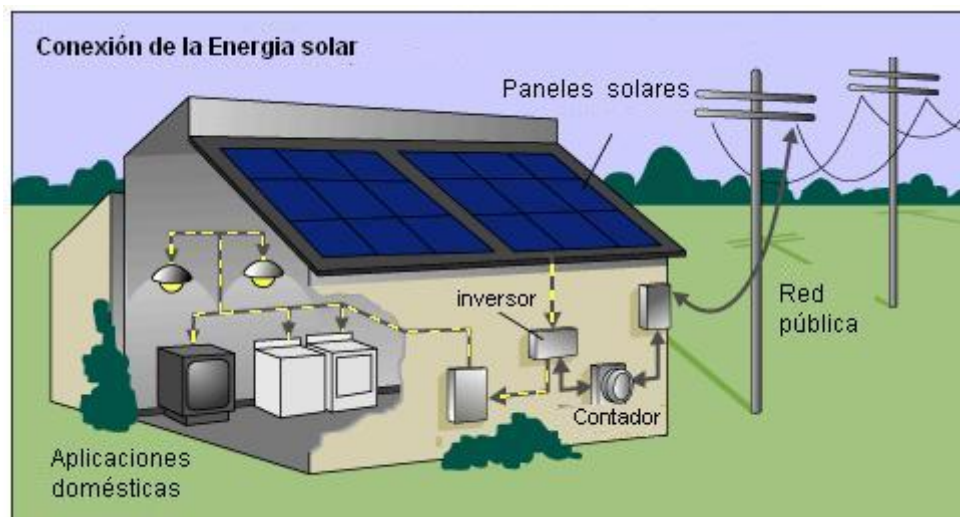


- **Taules de radiació:** l'obtenció de la informació continguda a les taules de radiació és una tasca laboriosa, ja que es necessiten mesures de qualitat durant molts anys (més de 10 anys) i un treball posterior de validació i de correlacions matemàtiques per tal de poder extrapolar les dades al territori i a diferents orientacions i inclinacions. Finalment, els resultats són els anomenats atles de radiació solar, com l'*Atles de radiació solar de Catalunya*, edició 2000, elaborat per l'Institut Català d'Energia i que permet obtenir dades de radiació global (directa + difusa + reflectida) de 83 estacions de mesurament, distribuïdes arreu del territori català.

## 4.2. Instal·lació solar fotovoltaica

Els principals components d'una instal·lació solar fotovoltaica [23]:

- El **camp fotovoltaic**, conformat pels mòduls fotovoltaics, és el component de les instal·lacions fotovoltaïques que capta la radiació solar i la transforma en electricitat a corrent continu. Per optimitzar el rendiment de les instal·lacions solars fotovoltaïques cal orientar les plaques al sud i inclinar-les per aprofitar al màxim la radiació solar.
- L'**inversor** és un altre component d'aquestes instal·lacions, i s'encarrega de transformar el corrent continu (12, 24 o 48 V) generat per la instal·lació fotovoltaica en corrent altern (230 V) que utilitzen els aparells de consum o la xarxa elèctrica convencional.
- Un altre element de les instal·lacions fotovoltaïques són les **proteccions**, equips que desconnecten la instal·lació en cas de no detectar tensió a la xarxa, en el cas de pèrdua d'aïllament, o al detectar qualsevol altre funcionament. Altres proteccions, a més de les de tensió i freqüència són els diferencials i els magnetotèrmics. Els diferencials protegeixen contra contactes directes, i els magnetotèrmics protegeixen el sistema contra sobrecàrregues evitat així que es faci malbé el cablejat o els equips.
- Les instal·lacions que no operen connectades a la xarxa elèctrica, solen afegir **bateries** que emmagatzemen l'energia produïda durant les 1 hores de radiació solar, i permeten disposar-ne durant les 24 hores del dia i en dies d'escassa radiació.



**Figura 4.5.** Esquema d'instal·lació fotovoltaica per un consum domèstic (Font: Instalaciones fotovoltaicas, Tersa[24])

#### 4.2.1. Panell fotovoltaic

Els panells solars fotovoltaics es componen de cèl·lules que converteixen la llum en electricitat. Aquestes cèl·lules gràcies a l'efecte fotovoltaic, mitjançant el qual l'energia lluminosa produeix càrregues positives i negatives en dos semiconductors pròxims de diferent tipus, la qual cosa fa que es produeixi un camp elèctric amb la capacitat de generar corrent. El paràmetre estandarditzat per classificar la seva potència es denomina potència pic, i es correspon amb la potència màxima que el mòdul pot entregar sota les condicions següents:

- Radiació de  $1000 \text{ W/m}^2$ .
- Temperatura de la cèl·lula de  $25 \text{ °C}$  (que no és la temperatura ambient).

Els panells fotovoltaics es divideixen en:

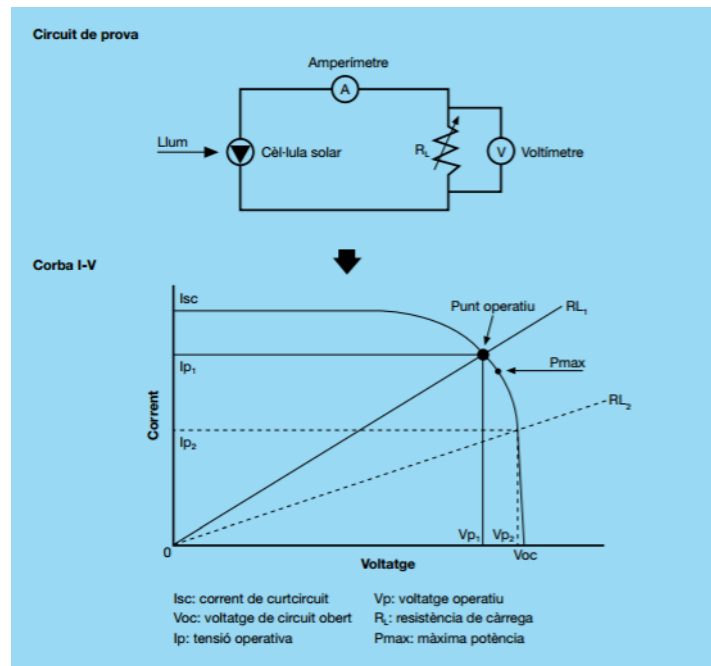
- **Monocrystal·lins:** estan formades de seccions d'un únic cristall de silici (Si)
- **Policristal·lins:** estan formades per petites partícules cristal·litzades.
- **Amorfs:** quan el silici no s'ha cristal·litzat.

La seva efectivitat és més gran com més gran siguin els cristalls, però també hi tenen a veure el seu pes, gruix i cost.

El cost dels panells fotovoltaics s'ha reduït de forma constant des de que es van començar a comercialitzar, i el seu cost mitjà de generació elèctrica ja es competiu amb les fonts d'energia convencionals en un creixent nombre de regions geogràfiques.

Convé remarcar que la cèl·lula solar és un generador de corrent i no de voltatge. Els principals paràmetres que l'afecten són la radiació solar incident, el voltatge de treball i la temperatura de treball.

- La **corba I-V** mostra el comportament de la cèl·lula solar expressant el corrent que pot generar una radiació solar determinada, generalment  $1000 \text{ W/m}^2$  i en funció del voltatge al qual permeti treballar la càrrega (la impedància que hagi d'alimentar).



**Figura 4.6.** Gràfic representatiu dels paràmetres elèctrics d'una cèl·lula fotovoltaica (Font: Energia solar fotovoltaica, Institut català de l'energia [22])

- El **corrent de curtcircuit** ( $I_{cc}$  o  $I_{sc}$ ) es dona quan en un cèl·lula cau a quasi 0 V, per tant la recombinació de portadors es fa mínima i el corrent generat s'aproxima al màxim possible en funció de la radiació solar incident.
- El **voltatge de circuit obert** ( $V_{co}$ ) s'origina si la cèl·lula queda en circuit obert, és a dir sense cap consum o càrrega per alimentar, aleshores no hi ha circulació de corrent cap a l'exterior d'aquesta cèl·lula. Resumint, quan la cèl·lula solar no té cap càrrega connectada i roman il·luminada, tots els portadors generats es recombinen a l'interior de la mateixa cèl·lula. Aquest efecte fa que la zona de transició entre el material p i n s'eixampli i, en conseqüència, el voltatge augmenti fins a un valor característic anomenat voltatge en circuit obert.
- El **punt de màxima potència** ( $mpp$ ) representa la superfície del rectangle format per les dimensions I-V que té la superfície màxima. El punt de màxima potència té associats uns valors d'intensitat i de voltatge específics es designen com a:

$I_{mpp}$ : Intensitat del punt de màxima potència

$V_{mpp}$ : voltatge del punt de màxima potència

$W_p$ : potència màxima o pic

#### 4.2.2. Regulador

És un element clau que s'encarrega que, tant en el procés de càrrega com en el de descàrrega dels acumuladors, es faci de manera que aquests estiguin sempre dins les condicions correctes de funcionament.

Els paràmetres que defineixen un regulador són:

- **Voltatge màxim admès o voltatge màxim de regulació:** és el valor de voltatge màxim que el regulador permet aplicar a la bateria.
- **Interval d'histeresi superior:** és la diferència entre el voltatge màxim de regulació i el voltatge al qual el regulador permet el pas de tot el corrent produït pels panells solars. Per un valor de voltatge intermedi, el regulador deixa passar una fracció del corrent produït pels panells, que és més petit com més s'apropa el voltatge dels terminals de la bateria al valor màxim de regulació.
- **Voltatge de desconexió:** voltatge al qual es desconnecten automàticament les càrregues de consum a fi d'evitar una sobredescàrrega de la bateria.
- **Interval d'histeresi inferior:** és la diferència entre el voltatge de desconexió i el voltatge al qual es permet que els consums es connectin novament a la bateria.

Hi ha diferents tipus de reguladors en funció del principi de funcionament que tinguin:

- **Reguladors tipus paral·lel (*shunt*):** Basen el seu funcionament en un transistor que deriva el corrent procedent del mòdul cap a una càrrega resistiva de dissipació. Permet establir valors de voltatge de bateria per als quals aquesta desviació es fa de manera intermitent a fi d'aconseguir mantenir l'acumulador en el nivell de màxima càrrega.  
Aquest tipus de regulador tenen limitat el corrent de treball a pocs amperes i, per tant només són vàlids per a instal·lacions petites.
- **Reguladors tipus sèrie:** Aquest tipus de reguladors basen el seu funcionament en la interrupció del corrent cap a la bateria, en funció del seu voltatge. Contràriament a la tecnologia anterior, no dissipa energia. Aquests reguladors s'utilitzen en instal·lacions de major potència.
- **Reguladors amb seguiment de màxima potència:** Aquesta es la versió de reguladors més sofisticada que hi ha actualment al mercat, ja que incorpora un convertidor AC/DC a la sortida dels mòduls solars, cosa que permet aïllar el voltatge de treball dels mòduls del

voltatge de les bateries. D'aquesta manera, els mòduls poden treballar en el seu punt de màxima potència i, per tant, al màxim rendiment possible.

#### 4.2.3. Inversor

Els convertidors CC/CA (inversors, onduladors) permeten convertir els 12, 24, 48 V de corrent continu que produeixen els panells solars i emmagatzemats a la bateria, en corrent altern de 230 V.

Les principals característiques que defineixen un convertidor són:

- **Voltatge d'entrada ( $V_{cc}$ )** : aquest valor ha de ser igual al de l'acumulador (12, 24, 48 V).
- **Voltatge de sortida ( $V_{CA}$ )**: aquest valor ha de ser normalitzat (230 V<sub>CA</sub>).
- **Estabilitat del voltatge de sortida/entrada**: s'admeten variacions de fins al 10% per a convertidors d'ona quadrada i del 5% per a convertidors d'ona sinusoidal. Són valors que les normes admeten per al voltatge de les xarxes elèctriques convencionals, independentment de la potència demandada pel consum. D'altra banda, en instal·lacions amb acumuladors, la tensió d'entrada no podrà ser mai superior al 125% ni inferior al 85% de la tensió nominal d'entrada del convertidor.
- **Tipus d'ona**: actualment, els inversors han de presentar un format tipus de corrent altern normalitzat amb una ona sinusoidal pura.
- **Capacitat de sobrecàrrega (potències punta) i de protecció tèrmica**: molt útil en instal·lacions amb motors, ja que en el moment d'arrencada es pot duplicar la potència necessària per al funcionament nominal, encara que només durant uns segons. Cal tenir en compte que qualsevol motor, a l'hora d'engegar, pot consumir un corrent fins a cinc vegades la intensitat nominal i que, per regla general, aproximadament és de tres vegades.
- **L'eficiència energètica o rendiment del convertidor** és la relació entre l'energia que facilita el convertidor als consums en corrent altern i l'energia que necessita aquest convertidor d'entrada (de la bateria). Si el convertidor dissenyat per a una potència determinada treballa en una fracció d'aquesta potència, el rendiment baixarà. S'ha d'exigir a un convertidor sinusoidal un rendiment del 70% treballant a un 20% de la potència nominal i del 85% quan treballi a una potència superior al 40% de la nominal.
- **Arrencada automàtica i estat en espera**: permet que les parts de potència del mateix convertidor es disconnectin en absència de consums i es tornin a connectar en el moment que detectin una demanda energètica per sobre d'un llindar prèviament fixat.
- **Protecció contra la inversió de polaritat i curtcircuits**: opcions bàsiques, ateses les possibilitats d'error o de funcionament defectuós dels circuits de consum que són elevades durant la vida del convertidor.
- **Baixa distorsió harmònica**: paràmetre relacionat amb la qualitat de l'ona generada. Els

harmònics normalment s'eliminen per mitjà de filtres, encara que això comporti pèrdues. La variació de la freqüència de la tensió de sortida serà inferior al 3% de la nominal.

- **Possibilitat de ser combinat en paral·lel:** permetrà un possible creixement de la instal·lació i de la potència de consum.
- **Bon comportament amb la variació de la temperatura:** marge d'operació entre  $-5^{\circ}\text{C}$  i  $40^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.2.4. Bateries

Els acumuladors es basen en sistemes electroquímics basats en reaccions químiques reversibles que tenen lloc a seu interior.

Pel que fa a les característiques de l'electròlit, n'hi ha de tipus:

- Àcid (de plom-àcid, Pb-Sb, Pb-Cd)
- Alcalí (níquel-cadmi)

Els principals paràmetres d'un acumulador d'energia elèctrica són:

- **Capacitat:** màxima quantitat d'electricitat que pot emmagatzemar. A la pràctica, tan sols pot proporcionar una part de la capacitat total, que s'anomena capacitat útil. La quantitat d'electricitat que pot proporcionar una bateria també depèn del temps de descàrrega, de manera que la capacitat serà més gran com més lentament es produeixi la descàrrega. La capacitat de la bateria s'expressa en Amperes-hora [Ah].
- **Profunditat de la descàrrega:** és el tant per cent sobre la capacitat màxima de la bateria que es pot extreure en condicions normals. Influeix molt en la seva vida útil.
- **Vida útil:** Normalment es mesura en cicles, de manera que un cicle és un procés complet de càrrega-descàrrega (fins a arribar a la profunditat de descàrrega recomanada).
- **Autodescàrrega:** és un fenomen pel qual una bateria, per causes diverses, es descarrega lentament però de manera contínua encara que no estigui connectada a un circuit extern.

Entre les bateries de plom àcid que hi ha al mercat, hi ha tres tipus diferenciats:

- **Bateries compactes:** tipus monobloc: (semblants als de tipus d'arrencada). D'utilització habitual en instal·lacions petites.
- **Bateries estacionaries:** construïts amb vasos independents, plaques tubulars i reixes amb baix contingut d'antimoni. Aquests són els ideals per a les instal·lacions solars fotovoltaïques, ja que han estat dissenyats per a poder-los descarregar lentament i recarregar-los quan hi hagi disponibilitat d'energia.

- **Bateries de tracció:** pensats per a moure vehicles i carretons elèctrics; són més econòmics que els estacionaris i poden donar un bon servei en instal·lacions fotovoltaïques, sempre que es tingui en compte que necessiten un manteniment més freqüent.

### 4.3. Disseny d'una instal·lació fotovoltaica

Seguidament es mostren els càlculs realitzats per dimensionar la instal·lació fotovoltaica. Anteriorment a realitzar els càlculs de la instal·lació fotovoltaica cal estimar els consums, conèixer la localització geogràfica i altres característiques de l'habitatge.

Per dimensionar el sistema fotovoltaic els passos a seguir són:

- Estimar la demanda elèctrica de l'habitatge
- Escollir la inclinació òptima
- Escollir l'inversor i el panell fotovoltaic
- Determinar la configuració òptima de panells
- Determinar les pèrdues de la instal·lació
- Calcular la distància mínima entre els panells (si es necessari)
- Determinar el sistema d'emmagatzematge òptim
- Càlcul de les seccions dels conductors
- Càlcul de les seccions dels conductors de les cadenes.
- Càlcul de les seccions del conductor principal de contínua
- Càlcul de les seccions del conductor de l'inversor a la CGBT
- Intensitat màxima admissible
- Càlcul de la caiguda de tensió resultant
- Sistema de protecció i mesura

#### 4.3.1. Càrregues i consum

En aquest treball els consums s'estudiaran amb un monitor d'energia domèstic intel·ligent. Aquest aparell mostra les lectures d'energia a temps real, així com el seu cost. A més a més proporciona les corbes de consums i altres dades.



**Figura 4.7.** Monitor d'energia solar Smappee (Font: SMAPPEE [25])

Per calcular el consum energètic total es calcularà el consum diari mitjà dels últims mesos dividit entre el voltatge nominal de la instal·lació

$$C_T = \frac{E_T}{V_N} [Ah] \quad (\text{Eq. 4.1})$$

Les pèrdues donades a les connexions del sistema fotovoltaic correspondran aproximadament a un 10% del consum total d'energia

$$C_{pèrdues} = \frac{10}{100} \cdot C_T [Ah] \quad (\text{Eq. 4.2})$$

Per tant el consum requerit serà la suma dels dos anteriors

$$C_{REQ} = C_T + C_{pèrdues} \quad (\text{Eq. 4.3})$$

#### 4.3.2. Càlcul de pèrdues

Cada component de la instal·lació té unes pèrdues associades ( $K_T$ ) que es calcula amb la fórmula que es mostra a continuació.

$$K_T = (1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)) \cdot \left(1 - \frac{K_A \cdot D_{aut}}{P_{D,max}}\right) \quad (\text{Eq. 4.4})$$

On:

$K_T$ : Coeficient de pèrdues totals



$K_B$ : Pèrdues degudes al rendiment de la bateria deguda la dissipació d'energia en forma de calor a causa dels processos de càrrega i descàrrega d'aquesta. Té un valor entre un 0% i un 20%, per defecte es considerarà d'un 5% per a bateries noves i d'un 10% per a les velles.

$K_C$ : Pèrdues degudes al rendiment de l'inversor (convertidor DC/AC). Aquest valor s'indica al full de característiques del component, i sol trobar-se entre un 5% i un 20%.

$K_R$ : Pèrdues degudes al rendiment del regulador (convertidor DC/DC). S'agafarà per defecte un valor del 10%.

$K_X$ : Pèrdues degudes per efecte Joule, caigudes de tensió i altres factors. El valor sol trobar-se entre el 0% i el 20%, s'agafarà el 10% per defecte.

$K_A$ : Pèrdues degudes a l'auto descàrrega diària de les bateries a 20°C. Aquest valor s'indica al full de característiques del component, sol trobar-se entre el 0,1% i el 2%, agafant per defecte un 0,5%.

$D_{aut}$ : Aquests són els dies d'autonomia que pot oferir el sistema d'emmagatzematge sense sobrepassar la profunditat màxima de descàrrega. Aquest valor variarà segons el clima on es trobi la instal·lació.

Un cop conegudes les pèrdues totals ( $K_T$ ) es pot calcular el total d'energia requerida tenint-les en compte.

$$C'_{REQ} = \frac{C_{REQ}}{K_T} [Ah] \quad (\text{Eq. 4.5})$$

On:

$C'_{REQ}$ : Consum total d'energia requerida considerant les pèrdues del sistema

$C_{REQ}$ : Consum total d'energia requerida

$K_T$ : Coeficient de pèrdues totals

#### **4.3.3. Elecció de la inclinació dels panells**

S'ha de determinar el lloc de l'habitatge on s'instal·laran les plaques solars fotovoltaïques.

L'angle òptim d'inclinació es trobarà gràcies a al programari PVGIS, que pot determinar la irradiància òptima. Es pot considerar aprofitar la inclinació de la teulada per instal·lar les plaques.

Incorporant les coordenades de l'habitatge PVGIS proporcionarà el perfil d'irradiància de la instal·lació.

#### **4.3.4. Càlcul del nombre de panells per un inversor donat**

S'ha d'escollir un panell en funció dels consums de l'habitatge. També s'ha de definir l'inversor.

Com que és un sistema connectat a la xarxa s'ha d'escollir les dimensions de la instal·lació

fotovoltaica que produeixin un major estalvi.

### Nombre mínim de panells

$$N_{\min, \text{panell}} = \frac{P_{\text{inv}}}{F_{di} \cdot P_{\text{mòd}}} \quad (\text{Eq. 4.6})$$

On:

$N_{\min, \text{panell}}$ : Nombre mínim de plaques

$P_{\text{inv}}$ : Potència de l'inversor

$F_{di}$ : Factor de dimensionament serà 1.

$P_{\text{mòd}}$ : Potència del mòdul

### Nombre màxim de panells:

$$N_{\max, \text{panell}} = \frac{P_{\text{inv}}}{F_{di} \cdot P_{\text{mòd}}} \quad (\text{Eq. 4.7})$$

On:

$N_{\min, \text{panell}}$ : Nombre mínim de plaques

$P_{\text{inv}}$ : Potència de l'inversor

$F_{di}$ : Factor de dimensionament, es pot estimar serà 0,85.

$P_{\text{mòd}}$ : Potència del mòdul

### Nombre màxim de panells en sèrie:

Primer es calcula la tensió en circuit obert a la temperatura mínima de treball ( $-10^{\circ}\text{C}$ ).

$$V_{OC(\text{mòdul a } -10^{\circ}\text{C})} = \left(1 - 35^{\circ}\text{C} \cdot \frac{\beta}{100}\right) \cdot V_{OC} \quad (\text{Eq. 4.8})$$

Ara ja si es pot calcular el nombre màxim de panells en sèrie:

$$N_{\max, \text{sèrie}} = \frac{V_{\max, \text{inv}}}{V_{OC(\text{mòdul a } -10^{\circ}\text{C})}} \quad (\text{Eq. 4.9})$$

On:

$V_{OC(\text{mòdul a } -10^{\circ}\text{C})}$ : Tensió en circuit obert a  $T = -10^{\circ}\text{C}$ .

$V_{OC}$ : Tensió en circuit obert del mòdul en condicions normals

$\beta$ : Coeficient de correcció tèrmica

$N_{\max, \text{sèrie}}$ : Nombre màxim de panells en sèrie

$V_{\max, \text{inv}}$ : Tensió màxima de l'inversor

**Nombre mínim de panells en sèrie:**

Es calcula la tensió a potència màxima per la temperatura més elevada (70°C).

$$V_{mpp(mòdul, 70^{\circ}\text{C})} = \left(1 + 45^{\circ}\text{C} \cdot \frac{\beta}{100}\right) \cdot V_{mpp} \quad (\text{Eq. 4.10})$$

Ara ja es pot calcular el nombre mínim de panells en sèrie:

$$N_{\min, \text{sèrie}} = \frac{V_{\min, \text{inv}}}{V_{mpp(mòdul a 70^{\circ}\text{C})}} \quad (\text{Eq. 4.11})$$

On:

$V_{mpp(mòdul, 70^{\circ}\text{C})}$ : Tensió de màxima potència a 70°C.

$V_{mpp}$ : Tensió de màxima potència en condicions estàndard.

$N_{\min, \text{sèrie}}$ : Nombre mínim de panells en sèrie.

$V_{\min, \text{inv}}$ : Tensió mínima de l'inversor

**Nombre màxim de rames en paral·lel**

$$N_{\max, \text{paral·lel}} = \frac{I_{\max, \text{inv}}}{I_{SC, \text{paral·lel}}} \quad (\text{Eq. 4.12})$$

On:

$N_{\max, \text{paral·lel}}$ : Nombre màxim de panells en paral·lel

$I_{\max, \text{inv}}$ : Corrent màxima de l'inversor

$I_{SC, \text{paral·lel}}$ : Corrent de curtcircuit del mòdul

**4.3.5. Càlcul de la distància mínima entre panells**

Per tal d'evitar causar ombres els panells hauran d'estar separats amb una distància mínima.

$$D_{\min} = L \cdot \cos \alpha + \frac{L \cdot \sin \alpha}{\tan \gamma_{\min}} \quad (\text{Eq. 4.13})$$

On:

$D_{\min}$ : distància mínima entre mòduls

$L$ : Longitud del mòdul

$\alpha$ : Angle d'inclinació

$\gamma_{\min}$ : angle d'incidència mínima, aquest valor està al diagrama solar

#### 4.3.6. Dimensionat del sistema d'emmagatzematge

S'ha de tenir en compte que la instal·lació està connectada a la xarxa, per tant no es requereix molta autonomia. Primer es calcula la capacitat del sistema d'emmagatzematge.

$$C_{EMM} = \frac{C'_{REQ} \cdot D_{AUT}}{P_{D,MÀX}} \cdot 100 \quad (\text{Eq. 4.14})$$

On:

$C'_{REQ}$ : Consum d'energia diària contemplant les pèrdues

$D_{AUT}$ : Dies d'autonomia determinats per la instal·lació

$P_{D,MÀX}$ : Profunditat màxima de la descàrrega

A continuació es determinarà el nombre de bateries en sèrie ( $n_{BS}$ ) i el nombre de bateries en paral·lel ( $n_{BP}$ ).

$$n_{BS} = \frac{V_{NOM}}{V_{BAT,NOM}} \quad (\text{Eq. 4.15})$$

$$n_{BP} = \frac{C_{EMM}}{C_{BAT,NOM}} \quad (\text{Eq. 4.16})$$

On:

$n_{BS}$ : Nombre de bateries connectades en sèrie

$V_{NOM}$ : Tensió nominal de la instal·lació (V)

$V_{BAT,NOM}$ : Tensió nominal d'una bateria (V)

$n_{BP}$ : Nombre de bateries connectades en paral·lel

$C_{EMM}$ : Capacitat nominal del sistema d'acumulació (Ah)

$C_{BAT,NOM}$ : Capacitat nominal d'una solar bateria (Ah)

#### 4.3.7. Dimensionat del cablejat

##### 4.3.7.1. Càlcul de les seccions dels conductors

Aquest nombre variarà en funció del nombre de plaques connectades en sèrie i en paral·lel que s'uniran a la caixa de connexions. Aquesta caixa estarà connectada a l'inversor, i aquest a la CGBT de l'habitatge.

Tenint en compte l'article 5 de la ITC-BT-40 que tracta sobre instal·lacions generadors de baixa tensió, especifica que els cables de connexió han d'estar dimensionats per una intensitat no inferior al 125% de la màxima intensitat del generador i la caiguda de tensió entre el generador i el punt d'interconnexió a la xarxa de distribució no serà superior al 1,5% de la intensitat nominal

#### 4.3.7.2. Càlcul de les seccions dels conductors de les cadenes

Al tram de corrent continua, es calcularà la intensitat de les cadenes de plaques fotovoltaïques seguint la següent fórmula:

$$I_{string} = 1,25 \cdot I_{mpp} \quad (\text{Eq. 4.17})$$

On:

$I_{string}$ : Intensitat de cada cadena en [A].

$I_{mpp}$ : Intensitat del mòdul fotovoltaic en [A].

Seguidament, es calcula la secció del cable, que serà de coure.

$$S_{string} = \frac{2 \cdot L \cdot I_{string} \cdot \rho_{c,90}}{e \cdot U_{string}} \quad (\text{Eq. 4.18})$$

On:

$S_{string}$ : Secció del cable en [mm<sup>2</sup>]

$L$ : Longitud de la rama en [m]

$\rho_{c,90}$ : Resistivitat del coure [ $\rho_{c,90} = 0,023 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$ ]

$e$ : caiguda de tensió admissible [1,5%]

$U_{string}$ : Tensió de cada cadena [V]

A continuació s'ha d'escollir la secció normalitzada immediatament superior, o següent, si es considera oportú.

Les seccions normalitzades són les següents:

**Taula 2.** Seccions normalitzades de conductors [mm<sup>2</sup>] (Font: IEC 60228 [26])

1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	240
---	-----	-----	---	---	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----

Un cop la secció nominal del cable es coneguda es recalcula la caiguda de tensió:

$$e_{string} = \frac{2 \cdot L \cdot I_{string} \cdot \rho_{c,90}}{U_{string} \cdot S_{string}} [\%] \quad (\text{Eq. 4.19})$$

#### 4.3.7.3. Càlcul de les seccions del conductor principal de contínua

El conductor principal connecta la caixa de connexions de corrent contínua amb l'inversor.

La caiguda de tensió màxima no pot superar el 1,5%, però en aquest 1,5% també s'ha de tenir en compte la caiguda de tensió de les cadenes:

$$e = 1,5 - e_{string} \quad (\text{Eq. 4.20})$$

Cal estimar la distància entre la caixa de connexió i l'inversor. La intensitat que haurà de suportar el conductor dependrà del nombre de cadenes

$$I = I_{string} \cdot N^{\circ} \text{ de cadenes} \quad (\text{Eq. 4.21})$$

$$S_{string} = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \rho_{c,90}}{e \cdot U_{string}} \quad (\text{Eq. 4.22})$$

A continuació s'escull la secció de cable normalitzada immediatament superior.

#### 4.3.7.4. Càlcul de les seccions del conductor de l'inversor a la CGBT

Primer s'ha d'estimar la distància entre la CGBT i l'inversor ( $L$ ).

A continuació es calcula la intensitat del conductor:

$$I = I_{inversor} \cdot 1,25 \quad (\text{Eq. 4.23})$$

La tensió ( $U$ ) en aquest cas serà de 230 V.

Després es calcula la secció:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \rho_{c,90}}{e \cdot U} \quad (\text{Eq. 4.24})$$

Finalment s'escull la secció de cable normalitzat immediatament superior i s'escull quin tipus d'instal·lació s'instal·larà (consultar ITC-BT-19).

#### 4.3.7.5. Intensitat màxima admissible

La intensitat màxima admissible depèn del tipus d'instal·lació (consultar la taula A de la ITC-BT-19).

Tenint en compte la radiació solar sobre els conductors, s'aplica un factor de correcció tal com mostra la ITC-BT-06 per l'exposició solar, i una altre per agrupament de circuits.

$$I_{MÀX \text{ corregida}} = f_T \cdot f_{ES} \cdot f_A \cdot I_{MÀX} \quad (\text{Eq. 4.25})$$

On:

$f_T$ : Factor de correcció per temperatura ambient [27]

$f_{ES}$ : Factor de correcció per exposició solar

$f_A$ : Factor de correcció per agrupament de circuits

$I_{MÀX}$ : Intensitat màxima del cable escollit

El factor de correcció de la temperatura ambient s'ha de consultar a la taula 52-D1 de la UNE 20460-5-523, i el factor d'agrupació s'ha de consultar a la taula 52-E1. El factor per exposició solar s'ha de consultar a la ITC-BT-6.

Aquesta intensitat màxima ha de ser més gran que la intensitat calculada a l'apartat anterior.

#### 4.3.7.6. Càlcul de la caiguda de tensió resultant

Quan les seccions de cada tram estiguin fixades, s'ha de calcular la caiguda de tensió en cada tram.

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I_{tram} \cdot \rho_{c,90}}{S_{nom} \cdot U_{tram}} \quad (\text{Eq. 4.26})$$

$S_{nom}$ : Secció normalitzada del cable [ $mm^2$ ]

$U_{tram}$ : Tensió de cada tram [ $V$ ]

$L$ : Longitud del cable en cada tram [ $m$ ]

$I_{tram}$ : Intensitat de cada tram [ $A$ ]

$\rho_{c,90}$ : Resistivitat el coure [ $\Omega \cdot mm^2/m$ ]

#### 4.3.8. Sistema de protecció i mesura

Els elements de protecció han d'assegurar la protecció del sistema a curtcircuits i sobretensions.

Els elements de protecció que s'han d'instal·lar al sistema fotovoltaic venen determinats pel Reial Decret 1699/2011, a l'article 14, i també la disposició final del Reial Decret 413/2014 del 6 de juny.

A la instal·lació hi haurà d'haver:

- **Interruptor automàtic diferencial**, per tal de protegir a les persones en el cas de la derivació d'algun element a terra .
- **Interruptor automàtic de la connexió**, per la desconexió-connexió automàtica de la instal·lació en cas d'anomalia de tensió o freqüència de la xarxa, junt a n relé d'enclavament. Les funcions de l'interruptor automàtica de la connexió i l'interruptor de tall general poden ser cobertes pel mateix dispositiu.
- **Proteccions de la connexió màxima i mínima** (51 hz i 48 Hz amb una temporització màxim de 0,5 s i mínima de 3 s respectivament) y màxima i mínima tensió entre fases (1,15 U n i 0,85 U n) tal com recull la taula següent:

**Taula 3.** Requisits de comportament de les proteccions (Font: Reial Decret 413/2014 [28])

Paràmetre	Llindar de protecció	Temps d'actuació
Sobretensió – fase 1	Un +10%	Màxim 1,5 s
Sobretensió – fase 2	Un + 15%	Màxim 0,2 s
Tensió mínima	Un -15%	Màxim 1,5 s

Freqüència màxima	51 Hz	Màxim 0,5 s
Freqüència mínima	48 Hz	Mínim 3 s

El quadre de corrent alterna tindrà un interruptor magnetotèrmic per a protegir i maniobrar sobre la instal·lació.

Per assegurar que la injecció a la xarxa sigui 0, haurà d'instal·lar un dispositiu que permeti regular el nivell de generació de l'inversor en funció del consum.

#### 4.3.8.1. Elements de protecció de corrent continu

Quan en una branca paral·lela de la instal·lació, amb mòduls fotovoltaics connectats en sèrie, es produeix l'ombrejat d'un dels mòduls, aquest tendeix a funcionar com a un receptor, dissipant potència en lloc de generar-la. En aquestes condicions, doncs, el panell fotovoltaic ombrejat es troba polaritzat en inversa, i es sobreescalfa. Per a evitar aquest risc, i per a poder seguir generant correctament, s'instal·len (normalment el propi fabricant dels panells triats per a constituir el camp fotovoltaic) díodes de pas, que permeten el curtcircuit de la branca afectada de la resta de panells solars de la instal·lació.

A més a més, a cada cadena s'hauran de connectar díodes de bloqueig en sèrie amb els panells per tal de separar les diferents cadenes en cas de defecte.

Adicionalment, també s'hauran d'incloure fusibles en sèrie als panells.

Per al correcte dimensionat dels fusibles de protecció s'ha de tenir en compte que han de ser capaços de suportar la intensitat de curtcircuit de cadascuna de les branques del generador fotovoltaic, però, alhora, han de ser capaços d'impedir la circulació de la intensitat de corrent màxima en inversa admissible pels mòduls que formen la branca paral·lela.

$$I_{màx,branca} < I_{fusible} < I_{màx,fusible} \quad (\text{Eq. 4.27})$$

On  $I_{màx,fusible}$  s'ha de consultar al *datasheet* del panell

$$I_{màx,branca} = I_{SC}(T_{màx}) = \left(1 + 45^{\circ}\text{C} \cdot \frac{\Delta I}{100}\right) \cdot I_{SC} \quad (\text{Eq. 4.28})$$

La temperatura màxima de treball serà de 70 °C.

A continuació s'escull el fusible normalitzat que compleixi amb les verificacions anteriors.



#### 4.3.8.2. Dimensionat de les proteccions de corrent alterna

A més a més les proteccions per al costat de corrent alterna es dimensionen amb un 125% de la intensitat nominal de la instal·lació.

$$I_N = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} \quad (\text{Eq. 4.29})$$

Per tant:

$$I_{PN} \geq 1,25 \cdot I_N \quad (\text{Eq. 4.30})$$

Totes les dimensions hauran d'estar dimensionades per a aquest valor de corrent

#### 4.3.8.3. Dimensionat de la posta a terra

El dimensionat de la posta a terra de la instal·lació objecte d'aquest projecte es realitza a partir del mètode de càlcul de la resistència de posta a terra proposat per UNESA. S'ha d'escollir una configuració que compleixi que:

$$V_d = I_d \cdot R_T \leq 24 \text{ V} \quad (\text{Eq. 4.31})$$

On  $I_d$  és la intensitat de defecte de l'interruptor diferencial instal·lat.

### 4.4. Generador dièsel

Per tal de dimensionar el generador dièsel ha de tenir en compte que potència de treball ha de ser a la potència nominal per tal d'optimitzar la seva eficiència.[29]

$$P_G = \frac{P_{càrrega}}{N_G} \quad (\text{Eq. 4.32})$$

On:

$P_G$ : Potència del generador dièsel

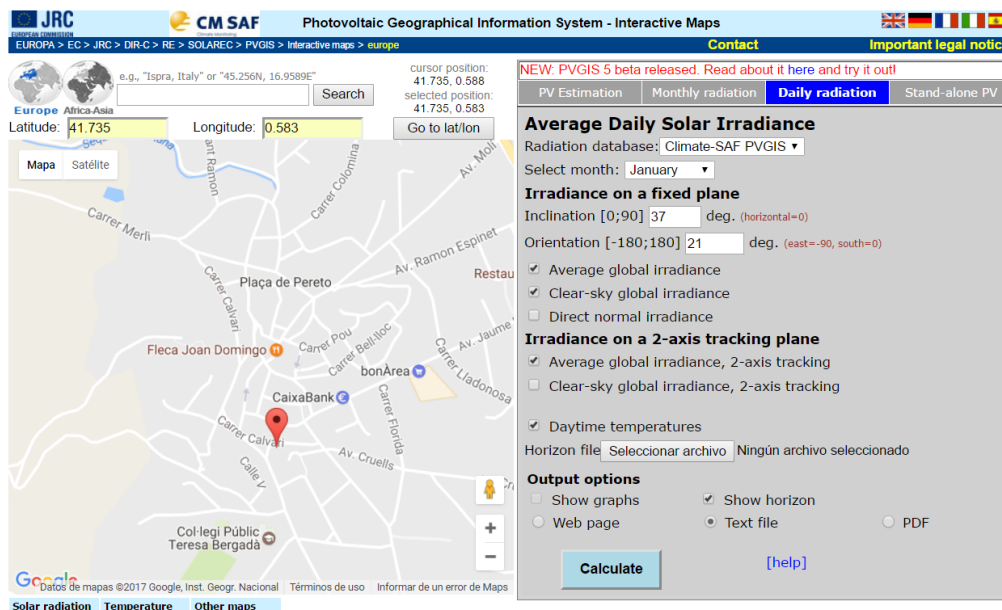
$P_{càrrega}$ : Potència del conjunt de càrregues de l'habitatge

$N_G$ : Nombre de generadors idèntics

### 4.5. Energia generada

Un cop coneguda la ubicació, el model de panell, el tipus d'inversor es pot calcular l'energia que podrà generar la instal·lació fotovoltaica.

S'han d'introduir les coordenades a la base de dades PVGIS.



**Figura 4.8.** Captura de pantalla de l'eina PVGIS utilitzada per la obtenció de dades (Font: PVGIS fotovoltaic software [30])

PVGIS proporciona la radiació incident i al temperatura tenint en compte la ubicació la inclinació i l'orientació especificades. Aquestes dades es donen en franges de 15 minuts. Per tant s'ha de calcular la mitjana per saber la radiació de cada hora.

Cal recordar que la potència pic del panell no es dona sempre a  $25^{\circ}\text{C}$  i a  $1000 \text{ W/m}^2$ . Per tant s'ha de recalculer per a adequar-ho a les característiques concretes de cada moment.

En primer lloc es calcula la  $I_{SC}$  dels panells en funció de la radiació i la temperatura que reben en cada instant:

$$I_{SC} = I_{SC}(STC) \cdot \frac{H}{H(STC)} \cdot \left(1 + \alpha \cdot (T_c - T_c(STC))\right) \quad (\text{Eq. 4.33})$$

On:

$I_{SC}$ : corrent de curtcircuit amb les característiques de la instal·lació [A]

$I_{SC}(STC)$ : corrent de curtcircuit de la ubicació amb les condicions estàndard [A]

$H$ : radiació de la ubicació [ $\text{W/m}^2$ ]

$H(STC)$ : radiació en condicions estàndard [ $\text{W/m}^2$ ]

$\alpha$ : Factor de correcció del corrent en funció de la temperatura [%/ $^{\circ}\text{C}$ ]

$T_c$ : temperatura de la ubicació [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$T_c(STC)$ : temperatura de la ubicació en condicions estàndard [ $^{\circ}\text{C}$ ]

A continuació es calcula la  $V_{OC}$  dels panells tenint en compte les circumstàncies particulars:

$$V_{OC} = V_{OC}(STC) \cdot \left(1 + \beta \cdot (T_c - T_c(STC))\right) \cdot \left(1 + \delta \cdot \ln\left(\frac{H}{H(STC)}\right)^2\right) \quad (\text{Eq. 4.34})$$

on:

$V_{OC}$ : tensió en circuit obert en les condicions de la ubicació [V]

$V_{OC}(STC)$ : tensió en circuit obert amb les condicions de la ubicació en condicions estàndard [V]

$\beta$ : factor de correcció de la tensió en funció de la temperatura [%/°C]

$\delta$ : factor de correcció de la temperatura

Finalment, amb els valors de  $I_{SC}$ ,  $V_{OC}$ , de radiació i la temperatura al lloc de la instal·lació es pot calcular la potència amb que produiran les plaques del projecte:

$$P_{PVG} = N_p \cdot P_{PVM} \cdot \frac{I_{SC} \cdot V_{OC}}{I_{SC}(STC) \cdot V_{OC}(STC)} \quad (\text{Eq. 4.35})$$

On:

$P_{PVG}$ : potència generada per les plaques en les condicions de la ubicació [Wp]

$N_p$ : nombre de plaques fotovoltaïques

$P_{PVM}$ : potència pic d'un panell [Wp]

D'aquesta manera amb les fórmules anteriors es pot conèixer la potència que la central genera cada 15 minuts. A continuació es calcula la mitjana de cada hora per conèixer l'energia que generarà la instal·lació un dia representatiu per a cada mes de l'any.

Un cop calculada l'energia generada al llarg d'un dia representatiu de cada més de l'any es possible calcular l'energia que es pot generar en un any.

## 4.6. Connexió a la xarxa

A partir d'una factura real s'estimarà l'import de les futures factures elèctriques.

Primer s'ha d'escollir la potència contractada, que ha de ser sempre major a la potència instal·lada, i si la companyia elèctrica es Endesa ha de ser una de les següents:

**Taula 4.** Potència màxima admissible en kW (Font: Vademècum Endesa [31])

0,345	0,690	0,805	1,150	1,725	2,300	3,450	4,600
5,750	6,900	8,050	9,200	10,350	11,5	14,490	

L'import és calcula de següent manera:

Un cop escollida la potència contractada es calcula la facturació per potència contractada (F. energia contractada):

$$F.energia\ contractada = Potència\ contractada \cdot \frac{0,120961€}{kW \cdot dia} \cdot n^{\circ}\ de\ dies \quad (Eq. 4.36)$$

Després es calcula la facturació per energia consumida (F. energia consumida). El preu del kWh és de 0,133681€/kWh.

$$F.energia\ consumida = Energia\ consumida \cdot 0,133681€/kWh \quad (Eq. 4.37)$$

A continuació es calcula el subtotal, que té en compte conceptes com l'impost especial sobre l'electricitat subministrada i també el lloguer d'equips de mesura i control.

- Impost de l'electricitat: suposa un 5,11269632% sobre la facturació de l'electricitat subministrada.

$$\begin{aligned} & \text{Impost electricitat} \quad (Eq. 4.38) \\ &= \frac{5,11269632}{100} \\ &\cdot (F.energia\ contractada + F.energia\ consumida) \end{aligned}$$

- Lloguer d'equips de mesura i control: el preu és 0,017796 €/dia

$$Lloguer\ d'equips\ de\ mesura\ i\ control = \frac{0,017796€}{dia} \cdot n^{\circ}\ de\ dies \quad (Eq. 4.39)$$

Per tant, el subtotal es calcula de la següent manera:

$$\begin{aligned} Subtotal &= F.energia\ contractada + F.energia\ consumida \\ &+ impost\ electricitat + lloguer\ equips \end{aligned} \quad (Eq. 4.40)$$

Finalment, l'import total es calcula afegint l'IVA (impost sobre el valor afegit) del 21%.

$$Import\ total = Subtotal \cdot 1,21 \quad (Eq. 4.41)$$

## **4.7. Gestió del sistema**

Per tal d'optimitzar la utilització de l'energia és important comptar amb un bon sistema de gestió, per tal de maximitzar el consum fotovoltaic.

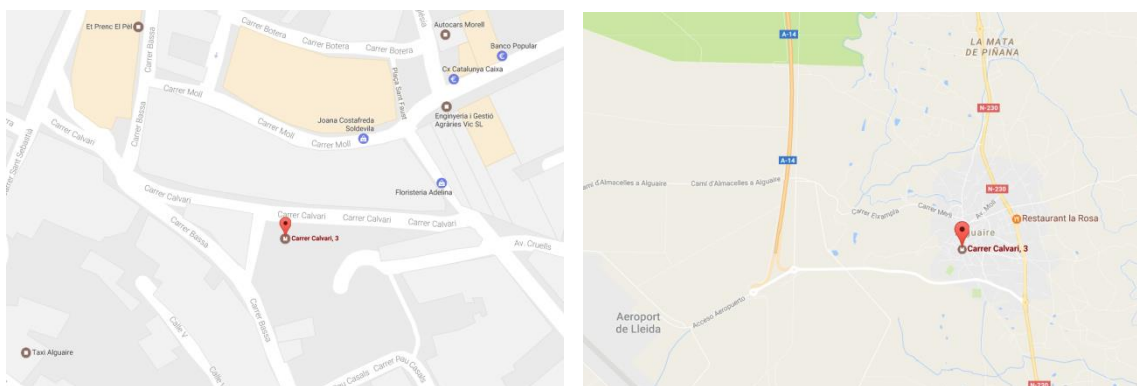
En aquest projecte s'utilitzarà un inversor híbrid compacte que compti amb una gestió intel·ligent i a temps real dels diversos acoblaments. Que optimitzi el rendiment escollint el model energètic ideal: consum directe (autoconsum), emmagatzemant la producció sobrant, o extreure-la de la xarxa.

## 5. IMPLEMENTACIÓ

### 5.1. Emplaçament

#### 5.1.1. Situació i ubicació

La casa unifamiliar escollida per a aplicar el mètode d'implementació de criteris energètics es troba situada a la municipalitat d'Alguaire, al Segrià (Província de Lleida). L'habitatge, construït durant els anys 1988-89, pertany a la família Guàrdia Fargues.



Figures 5.1. Mapa emplaçament i Ampliació (Font: Google Maps [32])



Figura 5.2. Cartografia del cadastre (Font: Sede Cadastro [33])

Les coordenades físiques de l'emplaçament són:  $41,735^\circ$  al Nord (latitud) i  $0,583^\circ$  a l'Est (longitud) a una altura aproximada de 304 m sobre el nivell del mar.

### 5.1.2. Descripció

Aquesta és una casa de 3 plantes. La planta baixa es un magatzem i la segona és un altell. La façana principal gaudeix d'orientació Nord i la superfície habitable de l'habitatge és de 163 m<sup>2</sup>. La superfície total del solar és de 247 m<sup>2</sup>.

A continuació es presentarà la relació d'espais i superfícies de l'habitatge:

**Taula 5.** Superfície de cada sector de l'habitatge (Font: Projecte)

Planta	Zona de l'habitatge	Superfície [m <sup>2</sup> ]
Baixa	Magatzem	192
Primera	Habitació 1	15,36
	Habitació 2	14,35
	Habitació 3	13,61
	Habitació 4	13,11
	Habitació 5	13,11
	Habitació 6	10,66
	Planxa 7	8,92
	Menjador-estar	26,44
	Cuina	10,66
	Bany 1	6,35
	Bany 2	5,61
	Rentador	3,84
	Rebedor	13,19
	Escala	8,64
	Pas 1	6,05
	Pas 2	5,49
	Terrassa	37,33
Segona	Magatzem	86,25

### 5.1.3. Aïllament tèrmic

L'aïllament tèrmic del qual gaudeix l'habitatge, diferenciat entre l'aïllament de l'estructura de l'edifici i les vidrieres és el següent:

- **Estructura de l'edifici:** diferents elements que formen part de l'aïllament, expressats per capes (de l'exterior a l'interior).

**Taula 6.** Aïllament del terra de l'habitatge (Font: Projecte)

Planta baixa		
Capa	Material	Espessor [cm]
1	Ceràmica	30
Primera i segona planta		

Capa	Material	Espessor [cm]
1	Ceràmica	15
2	Porexpan	4
3	Ceràmic	10
Coberta		
Capa	Material	
1	Teules àrabs	
2	Encadellat de formigó	

**Taula 7.** Aïllament de les parets exteriors de l'habitatge (Font: Projecte)

Planta baixa	
Capa	Material
1	Capa de formigó
Primera planta	
Capa	Material
1	Biguetes de formigó
2	Revoltó de ceràmica
3	Plaques de compressió de formigó
4	Rajoles
Segona planta	
Capa	Material
1	Biguetes de formigó
2	Revoltó de ceràmica
3	Plaques de compressió de formigó
4	Rajoles

- Vidrieres i tancaments: totes les finestres presents a l'habitatge són de sobre vidre amb gruixos de 4-2-4, és a dir dos vidres de 4 mm i una cambra d'aire de 2 mm. Els marcs de les finestres són de fusta.

Convé remarcar que les canonades de la calefacció i de l'aigua calenta no estan aïllades, simplement passen pel terra entre la planta baixa i la primera planta.

Com es pot observar, aquest es tracta d'un habitatge de pràcticament 30 anys d'antiguitat que no va estar dissenyat seguint els criteris d'eficiència energètica.

#### **5.1.4. Sistema de climatització**

Aquest habitatge compta amb dos sistemes de calefacció i aigua calenta. El primer és una caldera de condensació que funciona amb gas natural. El segon es una caldera de llenya. La caldera de gas natural s'utilitza a l'estiu per obtenir aigua calenta, i la caldera de llenya s'utilitza a l'hivern per obtenir aigua calenta i escalfar la casa. En aquest habitatge no consta cap element de refrigeració com per exemple aparells d'aire condicionat.



L'habitatge compta amb un interruptor en poder escollir quin sistema de climatització i aigua calenta es vol utilitzar.



**Figura 5.3.** Interruptor per escollir el sistema de climatització (Font: Projecte)



**Figura 5.4.** Caldera de gas Beretta (Font: Projecte)



**Figura 5.5.** Placa de característiques de la caldera Beretta (Font: Projecte)**Figura 5.6.** Caldera de llenya Ferroli (Font: Projecte)**Figura 5.7.** Placa de característiques de la caldera Ferroli (Font: Projecte)

Ja que les conduccions ja estan fetes, no es considerarà canviar aquest sistema en aquest projecte per un alimentat amb energia elèctrica.

Pel que fa a la refrigeració de l'habitatge, està construït en orientació nord, per tan el sol pràcticament no hi incideix directament. La qual cosa fa que durant l'estiu tota la casa estigui a una temperatura agradable, i que cap altre tipus de refrigeració sigui necessària.

### 5.1.5. Il·luminació

Malauradament, no està construït en orientació sud. No hi ha opció a canviar-ho sense fer reformes molt profundes. La il·luminació provinent del Sol sovint és insuficient.

A continuació es mostren els punts de llum de l'habitatge.

**Taula 8.** Relació de punts de llum i potència de cadascun d'ells (Font: Projecte)

Zona de la casa	Punts de llum	Tipus de làmpada	Potència làmpada	Potència
Habitació 1	2	Incandescent	100	200
Habitació 2	3	Incandescent	20	60
Habitació 3	3	Tub fluorescent Incandescent Incandescent	70 20 20	110
Habitació 4	3	Incandescent	20	60
Habitació 5	2	Incandescent	20	40
Habitació 6	1	Incandescent	100	100
Planxa 7	1	Incandescent	100	100
Menjador-estar	4	Incandescent	20	80
Cuina	1	Tub Fluorescent	70	70
Bany 1	4	Incandescent	20	80
Bany 2	4	Incandescent	20	80
Rentador	1	Incandescent	20	20
Rebedor + Passadís	4	Incandescent	20	80
Escala	3	Incandescent	20	60
Magatzem	4	Tub fluorescent Tub fluorescent Incandescent Incandescent	70 70 100 100	340
Segona planta	4	Tub fluorescent Incandescent Incandescent	70 100 100	270
Nombre total de punts de llum	46		Potència total	1750 W

### 5.1.6. Electrodomèstics

Els electrodomèstics instal·lats a l'habitatge, indicant-ne el model i la potència són els que es presenten a continuació.

**Taula 9.** Llista d'electrodomèstics de l'habitatge (Font: Projecte)

Aparell	Model	Potència [W]
Nevera 1	Beko DSA28020	90
Congelador	Balay 3HEB9035/06	90
Forn elèctric	Balay HMD5131	3580
Microones	Balay 3WG24221	850
Televisió	Sony	150

Rentadora 1	Candy	2300
Rentadora 2	Tempologic	2500
Ordinador de sobretaula	Coolermaster	125
Impressora	HP Deskjet 1050A All-in-one J410 series	600
Ordinador portàtil	Lenovo	70
Calefactor	Habitex FH1206T	2000
Màquina de cosir	Smart by Pfaff Model 200C	70
Altaveus	KYE SYSTEMSCORP Deluxe 5.1-Channel speakers	27,6

## 5.2. Consum energètic

L'habitatge té contractada una potència de 8,8 kW amb un peatge d'accés 2.0A i un tipus de contracte PVPC sense discriminació horària amb la companyia d'electricitat Endesa, i les factures es reben en períodes bimensuals.

El preu anual per quilovat de potència contractat és de 44,15€, i el preu per quilovat hora consumit és de 0,1336881€. A més a més cal considerar un impost sobre aquests conceptes del 5,11269%. També s'ha de tenir en compte l'import del lloguer dels equips que és de 6,49 € anuals. Finalment s'ha de considerar l'IVA del 21% sobre el subtotal del cost de l'electricitat.

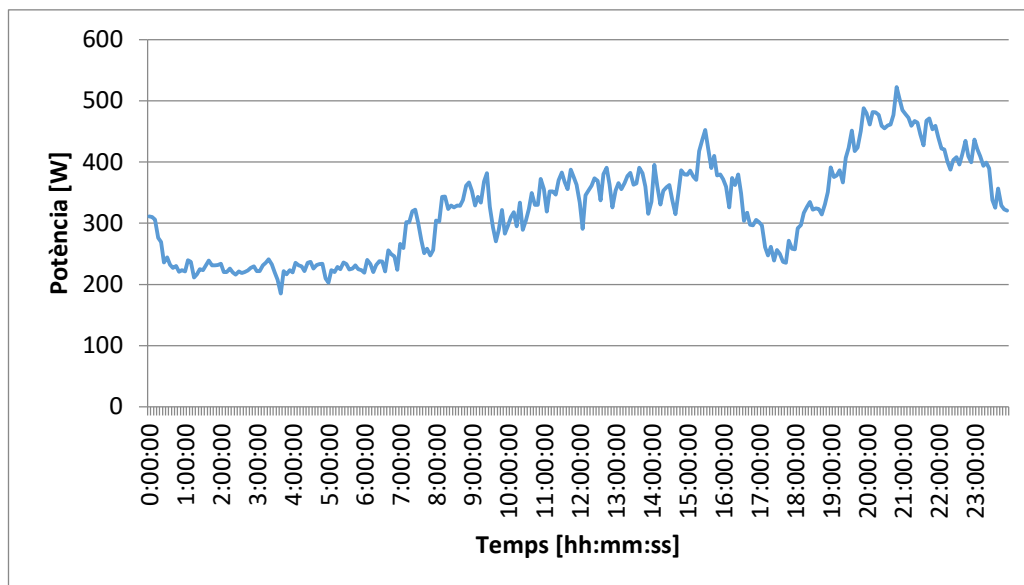
A continuació es mostren els imports de les factures dels últim any:

**Taula 10.** Factures d'electricitat de l'últim any de l'habitatge (Font: Projecte)

Mes	Import de la factura elèctrica bimensual [€]
Gener-Febrer	166,21
Març-Abril	171,97
Maig-Juny	147,83
Juliol-Agost	173,43
Setembre-October	183,87
Novembre-Desembre	183,09
Total	1024,6

Gràcies a l'Smappee s'han pogut estudiar més detingudament els consums de l'habitatge. El rang d'energia diària consumida dels últims sis mesos es mou entre 5800 Wh i 15950 Wh. La mitjana és de 8960 Wh.

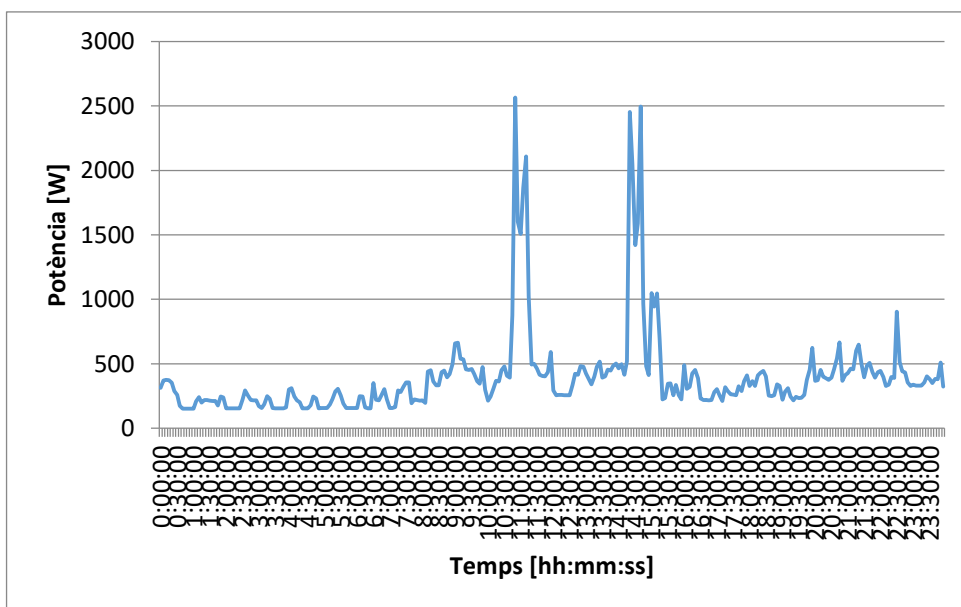
L'Smappee també ha permès conèixer amb precisió el perfil de potència de l'habitatge. A continuació es mostra el perfil de potència obtingut utilitzant els consums del període estudiat.



**Figura 5.8.** Perfil de potència promitjat de l'habitatge estudiat (Font: Projecte)

Si es mira el perfil de potència promig del període estudiat, s'observa que l'habitatge no té un patró massa marcat, ja que els pics no es donen cada dia a la mateixa hora. Per tant, aquest perfil de potència no aporta massa informació.

Per tant ara es mostrarà el perfil d'un dia concret (2 de febrer), ja que va tenir un consum molt semblant al consum mitjà diari per tal d'obtenir un perfil de potència més acurat.



**Figura 5.9.** Perfil de potència del 2 de febrer (Font: Projecte)

Gràcies al perfil de potència del dia 2 de febrer s'observa que:

- De 00:30 a 08:00 el consum oscil·la al voltant de 150 i 300 W
- De 08:00 a 00:30 la potència oscil·la al voltant d'uns 400 W
- Al llarg del dia hi ha dos grans pics de potència, causats pel rentavaixelles i la rentadora.
- Durant el dia hi han altres pics que superen els 500 W causats per petits electrodomèstics, la porta automàtica i la il·luminació.

Per tant el sistema híbrid ha de suportar una potència més o menys constant d'uns 400 W però també ha de ser capaç d'aguantar pics de tensió de fins a 2500 W.

### 5.3. Optimització del consum energètic

A continuació es mostren les mesures escollides per tal de reduir el consum energètic de l'habitatge.

#### 5.3.1. Climatització

L'eficiència de la climatització de l'habitatge està molt lligada amb l'aïllament d'aquest, tot i això no es preveu fer canvis pel que fa a l'aïllament.

A més a més d'octubre a abril l'aigua calenta i la calefacció no suposen cap despesa addicional, ja que l'habitatge i l'aigua calenta s'escalfen mitjançant una caldera de llenya

#### 5.3.2. Il·luminació

Tal com s'ha pogut observar a l'apartat anterior, no hi ha presència d'il·luminació tipus LED. No obstant ser més cara, cal considerar-la per reduir el consum.

**Taula 11.** Làmpades a comprar per tal de reduir el consum d'electricitat (Font: Projecte)

Tipus de làmpada	Model	Cost unitari [€]	Punts de llum	Potència unitària [W]	Consum anual [kWh/any]
Tub LED	Tubo LED t8 1200mm [34]	5,95	6	18	108
LED	Bombeta LED E27 G45 [35]	0,99	37	5	185
Inversió total		74,33	Consum total optimitzat		293

#### 5.3.3. Electrodomèstics

Per tal de reduir el consum dels principals electrodomèstics, és canviaran els que consumeixen més per altres de més eficients.

**Taula 12.** Electrodomèstics comprar per tal de reduir el consum d'electricitat (Font: Projecte)

Electrodomèstic	Model	Consum anual [kWh/any]	Etiqueta energètica	Cost [€]
-----------------	-------	------------------------	---------------------	----------

Rentadora	Siemens WM12Q46ES	75	A+++	258
Nevera-congelador	Balay Optima NoFrost Plus 3KF6854M	160	A+++	541,14
Rentavaixelles	BECKEN bdw2760 WH	220	A+++	349
Forn	Balay 3HB404XM	150	A+	219
Consum anual optimitzat		605		1367,14

#### 5.3.4. Stand-by

A continuació es mostra el consum en *stand-by* dels aparells de l'habitatge

**Taula 13.** Consum dels aparells de la llar en *stand-by* (Font: Projecte)

Aparell	Consum <i>Stand-by</i> [kWh/any]	Cost [€]
Televisor	52	8
2 Ordinadors	70	10
Microones	35	5
Impressora	69	10
Router	70	18
TOTAL	296	51

Amb la instal·lació de regletes eliminadores d'*stand-by* i sistemes eliminadors d'*stand-by*, es podria reduir el malbaratament d'energia a l'habitatge.

**Taula 14.** Aparells a comprar per a reduir el consum d'*stand-by*. (Font: Projecte)

Aparell	Unitat	Cost unitari [€]	Cost total [€]
Regleta eliminadora d' <i>stand-by</i>	2	20	40
Sistema eliminador d' <i>stand-by</i>	2	20	40
COST TOTAL			80

#### 5.3.5. Resum de les actuacions

En el cas de només optimitzar les càrregues de l'edifici, i també reduint la potència contractada de l'habitatge, l'import de la factura en electricitat ja es reduiria considerablement, tal com és mostra a continuació.

**Taula 15.** Comparació entre el consum actual i el consum optimitzat (Font: Projecte)

	CAS INICIAL		CAS OPTIMITZAT	
	Energia mensual [kWh]	Cost [€]	Energia mensual [kWh]	Cost [€]
Gener	510	166,21	306	84,29
Febrer				
Març	536	171,97	322	87,48
Abril				

Maig	395	147,83	237	73,04
Juny				
Juliol	537	173,43	322	88,10
Agost				
Setembre	606	183,87	364	94,61
Octubre				
Novembre	590	181,03	354	92,91
Desembre				
	3174	1024,34	1905	520,43

Tot i això, gràcies a la instal·lació de les plaques solars i a les bateries l'import de les factures en electricitat encara baixarà més.

A més a més s'intentarà eliminar les conductes malbaratadores d'energia, i es passarà a utilitzar només un a rentadora.

També es molt important per tant d'optimitzar aquesta instal·lació intentar utilitzar els electrodomèstics més potents (rentadora, rentavaixelles i forn) en la mesura del possible només durant el dia.

El estalvi d'energia es degut a la millora dels electrodomèstics, de la il·luminació i també a l'eliminació de l'*stand-by* suposa un estalvi del 40% del consum d'electricitat.

Per tant el consum energètic diari de l'habitatge expressat en Ah/dia, considerant les pèrdues és el següent:

$$C_{TOTAL} = \frac{5400}{48} = 112,5 \text{ Ah/dia} \quad (\text{Eq. 5.1})$$

$$C_{pèrdues} = 117 \cdot \frac{10}{100} = 11,25 \text{ Ah/dia} \quad (\text{Eq. 5.2})$$

$$C_{REQ} = 117 + 11,7 = 123,75 \text{ Ah/dia} \quad (\text{Eq. 5.3})$$

També cal considerar les pèrdues donades a la instal·lació fotovoltaica, a través del coeficient  $K_T$ .

**Taula 16.** Taula resum dels coeficients de pèrdues de la instal·lació (Font: Projecte)

Coeficient	Valor [%]
$K_A$	0,5
$K_B$	5



$K_C$	5
$K_R$	10
$K_X$	10
$P_{D,MÀX}$	75

La profunditat de la descàrrega màxima ve donada pel fabricant de la bateria. Tenint en compte que aquest sistema híbrid està connectat a la xarxa, les bateries tindran un dia d'autonomia.

Per tant el coeficient total de pèrdues serà:

$$K_T = [1 - (0,05 + 0,05 + 0,10 + 0,10)] \cdot \left[ 1 - \frac{0,005 \cdot 0,6}{0,75} \right] = 0,697 \quad (\text{Eq. 5.4})$$

L'energia necessària per tant serà:

$$C'_{REQ} = \frac{128,7}{0,696} = 177,80 \text{ Ah/dia} \quad (\text{Eq. 5.5})$$

## 5.4. Recurs solar

Per tal de poder dimensionar la instal·lació fotovoltaica, fa falta conèixer amb exactitud. El programari escollit per fer-ho, es PVGIS [30]. Aquest software ens permetrà conèixer la inclinació òptima.

**Taula 17.** Taula resum de les coordenades de l'habitatge (Font: *Google Maps [32]*)

Azimut	21° (sud-oest)
Latitud	41,735 (N)
Longitud	0,583 (E)

A continuació es mostren les dades sobre la radiació obtingudes mitjançant PVGIS

**Taula 18.** Taula resum de les dades de radiació mensuals del PVGIS (Font: *PVGIS [30]*)

Mes	$H_h$	$H_{opt}$	$I_{op}$	$T_{24h}$
Gener	1890	3260	64	5,7
Febrer	3120	4946	58	6,1
Març	4850	6360	45	10,3
Abril	5560	6110	29	14,0
Maig	6780	6600	17	17,7
Juny	7540	6910	8	22,1
Juliol	7630	7200	12	25,4
Agost	6660	6990	24	24,9

Setembre	5190	6430	40	20,7
Octubre	3640	5330	53	16,3
Novembre	2260	3870	62	10,4
Desembre	1610	2940	66	6,2
MITJANA ANUAL	4740	5580	37	15,0

On:

$H_h$ : Radiació al pla horitzontal ( $Wh/m^2/dia$ )

$H_{opt}$ : Radiació al ( $Wh/m^2/dia$ )

$I_{opt}$ : Inclinació òptima ( $^\circ$ )

$T_{24h}$ : Temperatura mitjana durant les 24h ( $^\circ C$ )

Segons la taula anterior es determina que la inclinació dels panells serà de  $37^\circ$ .

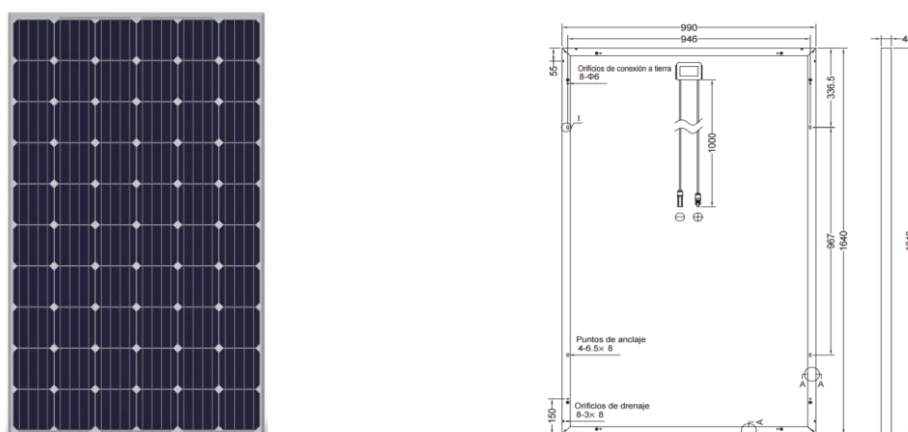
## 5.5. Plaques fotovoltaïques i inversor escollit

El model escollit està constituït per cèl·lules monocristal·lines, degut a que tenen prestacions molt similars i el seu preu és més competitiu.

El model en qüestió és el YL285D-30b de la marca Yingli. A continuació es mostren les seves principals característiques:

**Taula 19.** Característiques dels mòduls fotovoltaïcs (Font: Yingli Solar[36])

Model			YL285D-30b
Potència de sortida	$P_{m\grave{a}x}$	W	285
Tolerància de potència de sortida	$\Delta P_{m\grave{a}x}$	W	0/+5
Eficiència de mòdul	$\eta_m$	%	17,6 %
Tensió a $P_{m\grave{a}x}$	$V_{mpp}$	V	31,7
Intensitat a $P_{m\grave{a}x}$	$I_{mpp}$	A	9,00
Tensió en circuit obert	$V_{oc}$	V	39,6
Intensitat de curt-circuit	$I_{sc}$	A	9,41
Dimensions (Longitud/Amplitud/Altura)		mm/mm/mm	1640 /990 /40
Pes		Kg	18,5



**Figura 5.10.** Panell YL285D-30b de la marca *Yingli Solar*. Unitats en mm (Font: *Yingli Solar*[36])

L'inversor escollit es l'IMEON 3.6 de la marca IMEON ENERGY [37].



**Figura 5.11.** IMEON 3.6 (Font: IMEON ENERGY [37])

**Taula 20.** Característiques de l'inversor híbrid (Font: IMEON ENERGY [37])

Model	IMEON 3.6	
Rang de tensió MPPT	V	120-450
Potència nominal de sortida	W	3000
Intensitat nominal de sortida	A	13
Màxima potència d'entrada (PV)	Wp	1500-4000
Intensitat d'entrada màxima (PV)	A	18
Tensió d'entrada màxima (PV)	V	510
Pes	Kg	18
Dimensions (amplada/altura/profunditat)	mm	440/580/165
Tipus de proteccions	IP	20
Rang de temperatures	°C	0 a 50

**Nombre màxim de panells:**

Donat el panell i l'inversor, és calcularà el nombre màxim panells que hi pot haver

$$N_{max,panell} = \frac{3000}{0,85 \cdot 285} = 12,38 \cong 12 \text{ panells} \quad (\text{Eq. 5.6})$$

**Nombre mínim de panells:**

Per calcular el nombre mínim panells s'utilitza 1 com a factor de dimensionat:

$$N_{min,panell} = \frac{3000}{1 \cdot 285} = 10,52 \cong 10 \text{ panells} \quad (\text{Eq. 5.7})$$

**Nombre màxim de panells en sèrie:**

El nombre màxim de panells en sèrie es calcula tal com és mostra a continuació

Primer es calcula la tensió en circuit obert a la temperatura mínima de treball ( $-10^{\circ}\text{C}$ ).

$$V_{OC(mòdul a -10^{\circ}\text{C})} = \left(1 - 35^{\circ}\text{C} \cdot \frac{(-0,32)}{100}\right) \cdot 39,6 = 44,04 \text{ V} \quad (\text{Eq. 5.8})$$

$$N_{màx,sèrie} = \frac{510}{44,04} = 11,58 \cong 12 \text{ panells} \quad (\text{Eq. 5.9})$$

On:

$V_{OC(mòdul a -10^{\circ}\text{C})}$ : Tensió en circuit obert a  $T = -10^{\circ}\text{C}$

**Nombre mínim de panells en sèrie:**

Es calcula la tensió a potència màxima per la temperatura més elevada ( $70^{\circ}\text{C}$ ).

$$V_{mpp(mòdul, 70^{\circ}\text{C})} = \left(1 + 45^{\circ}\text{C} \cdot \frac{-0,32}{100}\right) \cdot 31,7 = 27,14 \text{ V} \quad (\text{Eq. 5.10})$$

Ara ja es pot calcular el nombre mínim de panells en sèrie:

$$N_{mín,sèrie} = \frac{120}{27,14} = 4,42 \cong 4 \text{ panells} \quad (\text{Eq. 5.11})$$

**Nombre màxim de rames en paral·lel**

$$N_{\max, \text{paral·lel}} = \frac{18}{9,41} = 1,91 \cong 1 \text{ panell} \quad (\text{Eq. 5.12})$$

**Taula 21.** Resum de les combinacions de panells possibles (Font: projecte)

	N° de panells
Nombre màxim de panells	12
Nombre mínim de panells	10
Nombre mínim de panells en sèrie	4
Nombre màxim de panells en sèrie	11
Nombre màxim de panells en paral·lel	1

Tenint en compte totes les restriccions anteriors, la única combinació possible és:

- Una sèrie de 11 panells

Amb 11 panells la potència instal·lada és de 3135 Wp, en canvi amb 12 panells la potència instal·lada és de 3420 Wp.

S'ha de tenir en compte l'article 5 del Real Decret 900/2015, és a dir, que la potència instal·lada de generació serà igual o inferior a la potència contractada pel consumidor.

La potència contractada immediatament superior és 3450W. No cal calcular la distància entre els panells ja que pertanyen tots a la mateixa sèrie i estaran col·locats tots a la mateixa fila.

**5.6. Bateries**

La bateria escollida per aquest projecte és la *PowerRack* de *PowerTech Systems*[38], ja que està especialment dissenyada per a sistemes fotovoltaics. A continuació és mostren les seves principals característiques:

**Taula 22.** Taula resum de les característiques de les bateries (Font: *PowerTech Systems* [38])

Model		PowerRack
Voltatge nominal	V	51,2
Capacitat	Ah	50 Ah per unitat
Profunditat de descàrrega	%	Nombre aproximat de cicles
	70	~ 6000
	80	~ 4000
	90	~ 3400
	100	~ 3000
Corrent màxim de descàrrega	A	100 durant 600 s
Corrent recomanat de descàrrega	A	50 A

Dimensions (amplada/profunditat/altura)	cm/cm/cm	48,2/43/40,5
Pes	Kg	90

La profunditat de la descàrrega pot arribar fins al 100 % però per tal d'augmentar el nombre de cicles que podrà realitzar s'ha decidit limitar-la al 75%.

A continuació es calcula la capacitat del sistema d'emmagatzematge:

Considerant que el sistema està connectat a la xarxa i que normalment el factor que fa encarir més els projectes fotovoltaics és l'emmagatzematge, s'ha decidit que l'autonomia d'aquesta instal·lació sigui de 0,6 dies, per tal de de cobrir les hores sense sol.

**Taula 23.** Taula resum del nombre final de bateries (Font: projecte)

Capacitat total	100 Ah
Bateries en sèrie	2
Bateries en paral·lel	1
Bateries totals	2

## 5.7. Dimensionat del cablejat

### 5.7.1. Càlcul de les seccions dels conductors de les cadenes

Primer es calcularà la intensitat de les cadenes de plaques fotovoltaïques:

$$I_{string} = 1,25 \cdot 9,00 = 11,25 \quad (\text{Eq. 5.13})$$

Seguidament, es calcula la secció del cable, que serà de coure.

$$S_{string} = \frac{2 \cdot 13 \cdot 11,25 \cdot 0,023}{0,015 \cdot 31,7 \cdot 12} = 1,18 \text{ mm}^2 \quad (\text{Eq. 5.14})$$

Finalment s'escull una secció de 4 mm<sup>2</sup>.

Un cop la secció nominal del cable es coneguda es recalcula la caiguda de tensió

$$e_{string} = \frac{2 \cdot 13 \cdot 11,25 \cdot 0,023}{31,7 \cdot 12 \cdot 4} = 0,44\% \quad (\text{Eq. 5.15})$$

### 5.7.2. Càlcul de les seccions del conductor principal de contínua

El conductor principal connecta la caixa de connexions de corrent contínua amb l'inversor.

La caiguda de tensió màxima no pot superar el 1,5%, però en aquest 1,5% també s'ha de tenir en compte la caiguda de tensió de les cadenes:

$$e = 1,5 - 0,44 = 1,06\% \quad (\text{Eq. 5.16})$$

$$I = 11,25 \cdot 1 = 11,25 \quad (\text{Eq. 5.17})$$

$$S_{\text{string}} = \frac{2 \cdot 15 \cdot 11,25 \cdot 0,023}{0,0106 \cdot 31,7 \cdot 12} = 1,9 \text{ mm}^2 \quad (\text{Eq. 5.18})$$

La secció escollida es de 4 mm<sup>2</sup>.

### 5.7.3. Càlcul de les seccions del conductor de l'inversor a la CGBT

Primer es calcula la intensitat:

$$I = 13 \cdot 1,25 = 16,25 \text{ A} \quad (\text{Eq. 5.19})$$

Després es calcula la secció:

$$S = \frac{2 \cdot 25 \cdot 16,25 \cdot 0,023}{0,015 \cdot 230} = 5,42 \text{ mm}^2 \quad (\text{Eq. 5.20})$$

La secció escollida és de 10 mm<sup>2</sup>.

La instal·lació serà de tipus B1, conductors aïllats en tubs de muntatge superficial.

### 5.7.4. Intensitat màxima admissible

A continuació es realitzaran les comprovacions pertinents

- **Conductor de les cadenes**

Segons la ITC-BT per un cable PVC amb 4 mm<sup>2</sup> de secció la intensitat màxima és de 27 A.

$$I_{MÀX \text{ corregida}} = 0,71 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 27 = 17,53 \text{ A} \quad (\text{Eq. 5.21})$$

$$17,53 \text{ A} > 11,25 \text{ A}$$

- **Conductor principal de contínua**

Segons la ITC-BT per un cable PVC amb 4 mm<sup>2</sup> de secció la intensitat màxima és de 27 A.

$$I_{MÀX \text{ corregida}} = 0,71 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 27 = 17,53 \text{ A} \quad (\text{Eq. 5.22})$$

$$17,53 \text{ A} > 11,25 \text{ A}$$

- **Conductor de l'inversor a la CGBT**

Segons la ITC-BT per un cable PVC amb 6 mm<sup>2</sup> de secció la intensitat màxima és de 36 A.

$$I_{MÀX \text{ corregida}} = 0,71 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 36 = 23,00 \text{ A} \quad (\text{Eq. 5.23})$$

$$23,00 \text{ A} > 16,25 \text{ A}$$

#### 5.7.4.1. Càlcul de la caiguda de tensió resultant

Amb les seccions de cada tram fixades, es calcula la baixada de tensió en cada tram.

- **Conductor de les cadenes**

$$e_{string} = \frac{2 \cdot 13 \cdot 11,25 \cdot 0,023}{31,7 \cdot 12 \cdot 4} = 0,44\% \quad (\text{Eq. 5.24})$$

- **Conductor principal de contínua**

$$e_{string} = \frac{2 \cdot 15 \cdot 11,25 \cdot 0,023}{31,7 \cdot 12 \cdot 4} = 0,51\% \quad (\text{Eq. 5.25})$$

- **Conductor de l'inversor a la CGBT**

$$e_{string} = \frac{2 \cdot 25 \cdot 16,25 \cdot 0,023}{230 \cdot 10} = 0,81\% \quad (\text{Eq. 5.26})$$

**Taula 24.** Taula resum dels conductors de la instal·lació (Font: projecte)

Tram	Longitud	Intensitat màxima admissible [A]	Secció [mm <sup>2</sup> ]	Caiguda de tensió
Cadenes	13	17,53	4	0,44
Tram principal de contínua	15	17,53	4	0,52
Tram de l'inversor a la CGBT	25	23,00	10	1,17



## 5.8. Càlcul dels elements de protecció

### 5.8.1. Dimensionat dels fusibles

Per al correcte dimensionat dels fusibles de protecció s'ha de tenir en compte que han de ser capaços de suportar la intensitat de curtcircuit de cadascuna de les branques del generador fotovoltaic, però, alhora, han de ser capaços d'impedir la circulació de la intensitat de corrent màxima en inversa admissible pels mòduls que formen la branca paral·lela.

$$I_{màx,branca} < I_{fusible} < I_{màx,fusible} \quad (\text{Eq. 5.27})$$

On  $I_{màx,fusible} = 15 \text{ A}$

$$I_{màx,branca} = I_{SC}(T_{màx}) = \left(1 + 45^{\circ}\text{C} \cdot \frac{0,07}{100}\right) \cdot 39,6 = 9,62 \text{ A} \quad (\text{Eq. 5.28})$$

Per tant es triaran fusibles amb una intensitat de  $I_{fusible} = 10 \text{ A}$  complint amb les verificacions anteriors.

### 5.8.2. Dimensionat de les proteccions de CA

A més a més les proteccions per al costat de corrent alterna es dimensionen amb un 125% de la intensitat nominal de la instal·lació.

$$I_N = \frac{P_{inv}}{U \cdot \cos\varphi} = 13,04 \text{ A} \quad (\text{Eq. 5.29})$$

Per tant:

$$I_{PN} \geq 1,25 \cdot I_N = 1,25 \cdot 13,04 = 16,3 \text{ A} \quad (\text{Eq. 5.30})$$

Totes les dimensions hauran d'estar dimensionades per a 16,3 A de corrent

La posta a terra serà la mateixa de l'habitatge on es realitza la instal·lació.

### 5.8.3. Dimensionat de la posta a terra

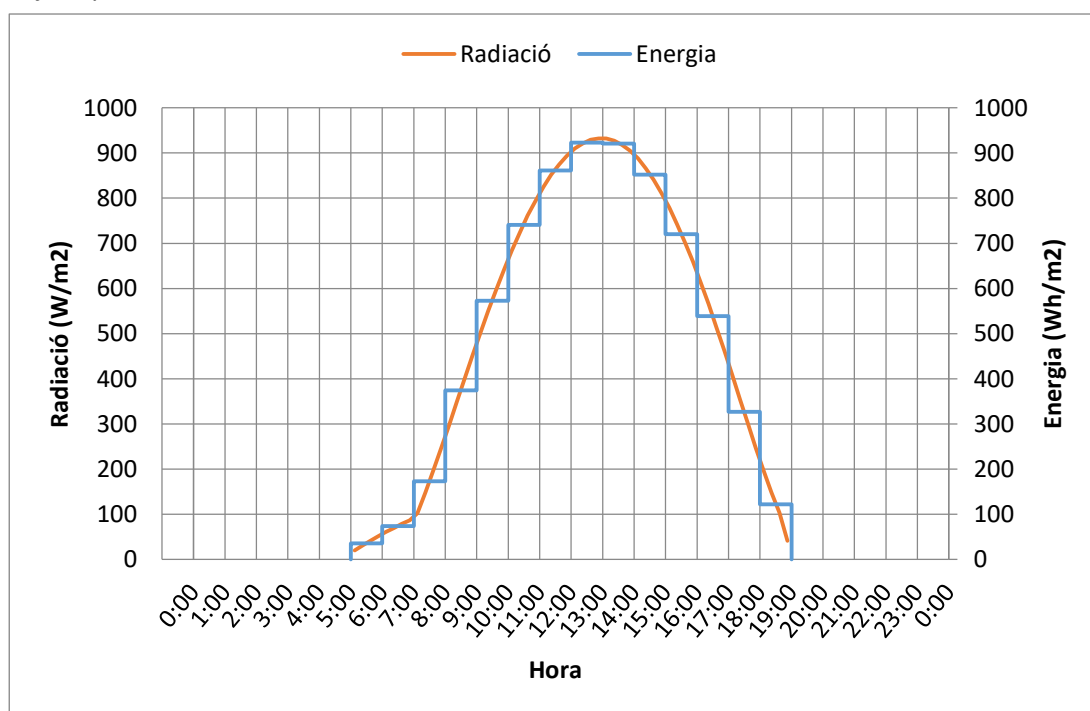
La posta a terra serà la mateixa de l'habitatge on es realitza la instal·lació.

## 5.9. Energia generada

Un cop coneguda la ubicació, el model de panell, el tipus d'inversor es pot calcular l'energia que podrà generar la instal·lació fotovoltaica.

La instal·lació es troba a les coordenades  $41^{\circ} 44' 5''$  nord i  $0^{\circ} 34' 58''$  est. La inclinació òptima és de  $37^{\circ}$  i la orientació es de  $21^{\circ}$ . Amb aquestes dades s'ha accedit a la base de dades PVGIS i s'ha descarregat la informació de la radiació incident [ $W/m^2$ ] i la temperatura [ $^{\circ}C$ ] per a cada mes de l'any.

PVGIS proporciona la radiació incident i al temperatura tenint en compte la ubicació la inclinació i l'orientació especificades. Aquestes dades es donen en franges de 15 minuts. Per tant s'ha de calcular la mitjana per saber la radiació de cada hora tal com es mostra a continuació:



**Figura 5.12.** Exemple de la radiació a la instal·lació durant el mes de juliol a partir de les dades del PVGIS (Font: projecte)

Tal com s'ha mostrat anteriorment, el panell seleccionat té una potència pic de 285 Wp quan la radiació és de  $1000 W/m^2$  a una temperatura de  $25^{\circ}C$ . Aquesta dada no correspon amb les característiques de la ubicació de la instal·lació, però es pot adequar a les característiques concretes.

En primer lloc es calcula la  $I_{SC}$  :

$$I_{SC} = I_{SC}(STC) \cdot \frac{H}{H(STC)} \cdot \left(1 + \alpha \cdot (T_c - T_c(STC))\right) \quad (\text{Eq. 5.31})$$

A continuació es calcula la  $V_{OC}$  dels panells tenint en compte les circumstàncies particulars:

$$V_{OC} = V_{OC}(STC) \cdot \left(1 + \beta \cdot (T_c - T_c(STC))\right) \cdot \left(1 + \delta \cdot \ln\left(\frac{H}{H(STC)}\right)^2\right) \quad (\text{Eq. 5.32})$$

Finalment, amb els valors de  $I_{SC}$ ,  $V_{OC}$ , de radiació i la temperatura al lloc de la instal·lació es pot calcular la potència amb que produiran les plaques del projecte:

$$P_{PVG} = N_p \cdot P_{PVM} \cdot \frac{I_{SC} \cdot V_{OC}}{I_{SC}(STC) \cdot V_{OC}(STC)} \quad (\text{Eq. 5.33})$$

D'aquesta manera amb les fórmules anteriors es pot conèixer la potència que la central genera cada 15 minuts. A continuació es calcula la mitjana de cada hora per conèixer l'energia que generarà la instal·lació un dia representatiu per a cada mes de l'any.

Un cop calculada l'energia generada al llarg d'un dia representatiu de cada més de l'any es possible calcular l'energia que es pot generar en un any.

A continuació és mostra la taula que resumeix aquest càlcul:

**Taula 25.** Taula resum l'energia produïda per hora, dia i mes al llarg d'un any (Font: projecte)

ENERGIA DEL GENERADOR [Wh] (Azimut 21° e inclinació 37°)												
	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
6:00	0	0	0	9	63	62	63	22	0	0	0	0
7:00	0	0	40	123	193	181	170	137	53	6	0	0
8:00	34	132	311	396	480	386	477	434	315	195	54	16
9:00	360	637	936	956	1057	955	1130	1084	942	732	458	301
10:00	804	1225	1588	1510	1618	1553	1775	1732	1599	1333	964	715
11:00	1184	1729	2133	1974	2086	2068	2318	2277	2160	1844	1398	1068
12:00	1449	2084	2516	2299	2415	2452	2706	2660	2553	2203	1702	1312
13:00	1569	2254	2705	2463	2583	2673	2902	2857	2750	2376	1844	1424
14:00	1531	2222	2685	2454	2578	2717	2896	2847	2730	2346	1806	1389
15:00	1323	1974	2445	2261	2393	2574	2678	2626	2486	2103	1577	1194
16:00	936	1508	1981	1885	2029	2246	2258	2200	2020	1644	1149	829
17:00	184	835	1314	1349	1511	1754	1668	1591	1363	986	374	147
18:00	0	17	395	714	893	1143	978	876	536	145	0	0
19:00	0	0	4	106	294	515	321	201	12	0	0	0
20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σ [kWh]	10	16	21	20	22	23	24	24	21	17	12	9
Dies	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Energia [kWh]	317	447	644	605	683	696	755	729	639	538	371	284

A partir de la taula anterior es possible conèixer l'energia que pot produir la instal·lació. En total, en un any la instal·lació produirà 6149,11 kWh.

### 5.10. Generador dièsel

En aquest cas específic el generador dièsel s'ha descartat ja que tenint compte que la instal·lació de l'habitatge ja està connectada a la xarxa i a més a més compta amb bateries.

També s'ha de considerar que al poble on està situat l'habitatge els talls de llum són poc freqüents (uns 4 a l'any) i sovint amb menys d'una hora es solucionen.

Per tant, tenint en compte els pocs beneficis que pot oferir un generador dièsel a aquest habitatge en concret i al cost afegit que suposa s'ha decidit prescindir-ne.

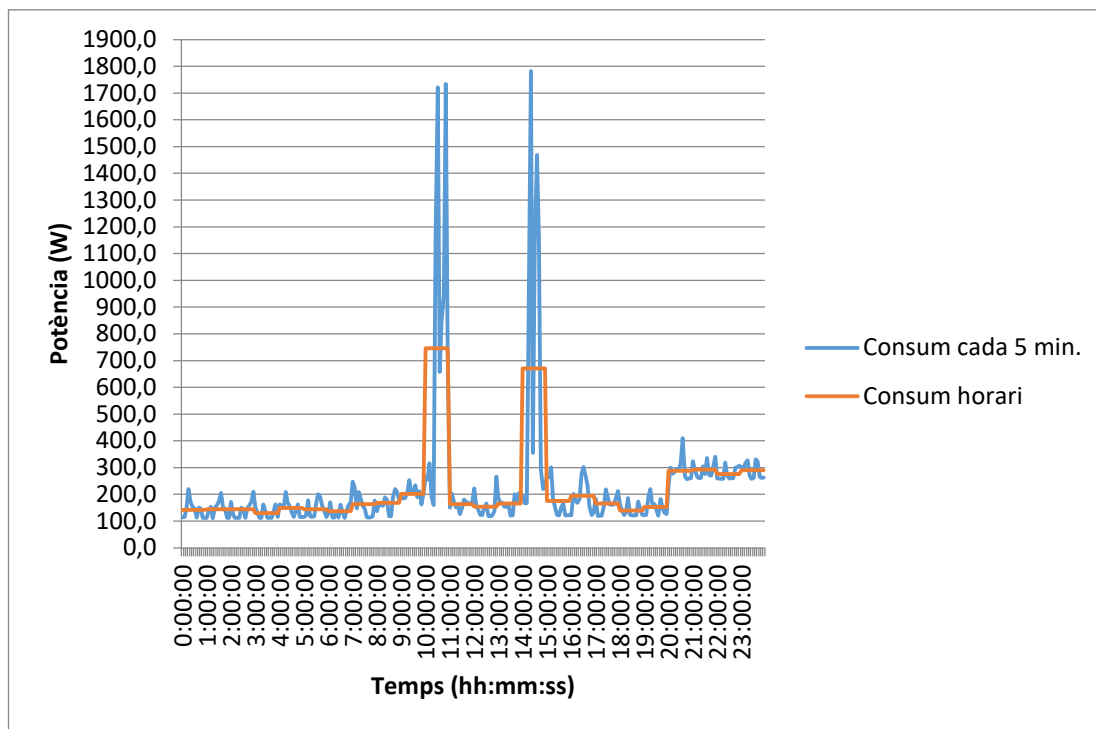
### 5.11. Connexió a la xarxa

Tal com s'ha comentat anteriorment la potencia contactada ha de ser major a la potencia instal·lada. Essent la potencia instal·lada 3135 Wp, la següent potencia màxima admissible és 3450 W.

A continuació es calcularà la potència que s'haurà d'extreure de la xarxa per tal de satisfer els consums de l'habitatge.

Es pren un dia representatiu de tot l'any en el qual es necessiti el que s'ha previst en apartats anteriors d'acord amb les mesures d'optimització a realitzar i es compara amb la generació de la instal·lació solar.

Convé recordar que aquesta energia no es estrictament la consumida, sinó que també s'han tingut en compte totes les pèrdues del sistema.



**Figura 5.13.** Exemple de l'energia consumida, tenint en compte les pèrdues, en un dia representatiu (Font: projecte)

A continuació es mostra una taula on es calcula amb cada hora i mes si hi haurà suficient energia provinent de les plaques fotovoltaïques o no.

**Taula 26.** Taula resum del balanç d'energia entre la generada i la consumida per hora i mes al llarg d'un any (Font: projecte)

	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
0:00	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142
1:00	-144	-144	-144	-144	-144	-144	-144	-144	-144	-144	-144	-144
2:00	-144	-144	-144	-144	-144	-144	-144	-144	-144	-144	-144	-144
3:00	-130	-130	-130	-130	-130	-130	-130	-130	-130	-130	-130	-130
4:00	-149	-149	-149	-149	-149	-149	-149	-149	-149	-149	-149	-149
5:00	-144	-144	-144	-144	-144	-144	-144	-144	-144	-144	-144	-144
6:00	-137	-137	-137	-128	-74	-75	-74	-115	-137	-137	-137	-137
7:00	-163	-163	-123	-41	30	18	7	-26	-110	-157	-163	-163
8:00	-135	-36	143	227	312	218	308	266	147	26	-115	-152
9:00	157	434	734	753	854	753	927	881	740	530	255	98
10:00	57	479	842	764	872	807	1029	986	853	587	217	-31
11:00	1020	1566	1969	1811	1922	1905	2155	2113	1996	1681	1234	905
12:00	1294	1930	2361	2145	2261	2298	2551	2506	2399	2048	1547	1158
13:00	1403	2088	2539	2297	2417	2507	2736	2691	2584	2210	1677	1258
14:00	860	1551	2014	1783	1907	2046	2225	2176	2059	1675	1135	717

15:00	1148	1799	2270	2086	2218	2399	2503	2451	2311	1928	1402	1019
16:00	741	1313	1786	1690	1834	2051	2063	2005	1825	1449	954	634
17:00	18	669	1148	1183	1345	1588	1502	1425	1197	820	208	-19
18:00	-140	-123	256	574	753	1003	838	737	397	5	-140	-140
19:00	-153	-153	-149	-47	141	361	168	48	-141	-153	-153	-153
20:00	-288	-288	-288	-288	-288	-288	-288	-288	-288	-288	-288	-288
21:00	-292	-292	-292	-292	-292	-292	-292	-292	-292	-292	-292	-292
22:00	-276	-276	-276	-276	-276	-276	-276	-276	-276	-276	-276	-276
23:00	-290	-290	-290	-290	-290	-290	-290	-290	-290	-290	-290	-290
Energia fotovoltaica que es produeix i no s'utilitza al moment												
	5789	5789	5789	5789	5789	5789	5789	5789	5789	5789	5789	5789
Energia consumida durant les hores que no hi ha producció fotovoltaica												
	2727	2611	2409	2215	2073	2074	2073	2140	2387	2446	2707	2795

Tenint en compte que el sistema d'emmagatzematge consta de 2 bateries de 50 Ah i la profunditat de la descàrrega s'ha establert en un 75% s'observa que en els dies amb sol de qualsevol mes no serà necessari utilitzar energia de la xarxa.

No obstant això, cal recordar que la situació climatològica de l'habitatge implica boira durant els mesos d'hivern. Aproximadament cada any hi ha uns 53 dies de boira [39].

Per tant, l'energia consumida anualment de la xarxa serà aproximadament de 327,412 kWh

## 5.12. Sistema híbrid

Tenint en compte totes consideracions dels apartats anteriors, el sistema quedaria de la següent manera:

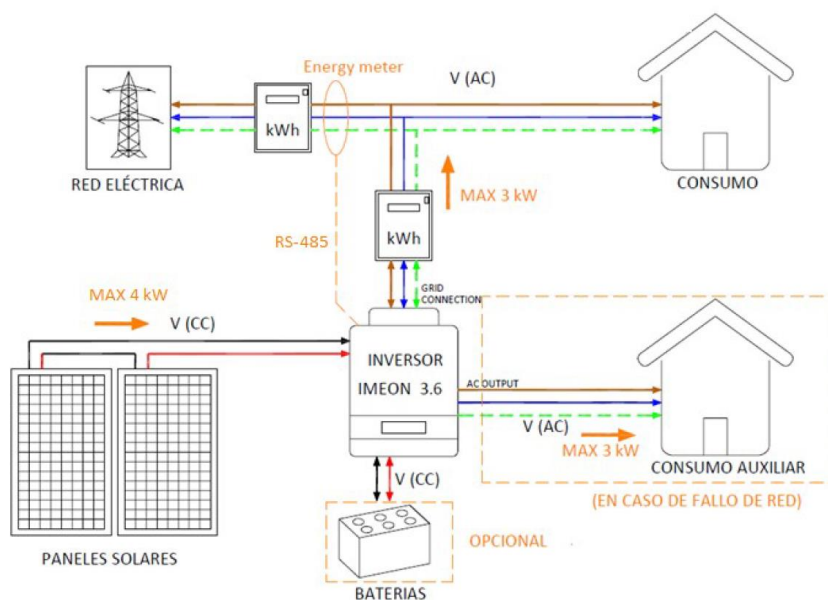


Figura 5.14. Esquema de la instal·lació (Font: Imeon Energy [37])

## 5.13. Gestió del sistema

En apartats anteriors ja s'ha comentat que l'inversor escollit és l'IMEON 3.6. Aquest inversor compta amb una gestió intel·ligent i a temps real dels diversos acoblaments. IMEON optimitza el rendiment escollint el model energètic ideal: consum directe (autoconsum), emmagatzemant la producció sobrant, o extreure-la de la xarxa. IMEON s'adapta automàticament a la instal·lació sense configuracions complicades.

### 5.13.1. Mode d'operació

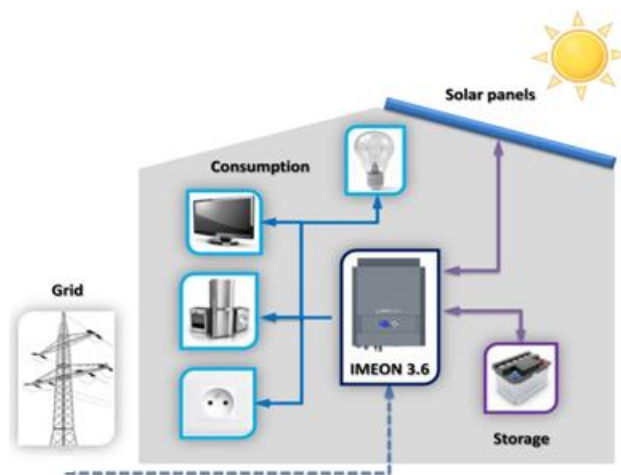
A continuació es mostren els escenaris que aquest inversor pot oferir a aquest projecte:

- El signe – indica que consumeix energia
- El signe + indica que proporciona energia
- El 0 indica que ni proporciona ni consumeix energia.

**Taula 27.** Taula resum dels escenaris que aquest inversor pot oferir a aquest projecte (Font: projecte)

Xarxa	Panells fotovoltaics	Càrregues	Bateries
+	+	-	+
+	+	-	0
+	+	0	-
+	0	-	+
+	0	-	0
+	0	-	-
+	0	0	-
0	+	-	+
0	+	-	0
0	+	-	-
0	0	-	+
0	0	0	0

En total s'observa que es poden donar 12 casos diferents, que es troben resumits a la imatge següent:



**Figura 5.15.** Esquema de la instal·lació (Font: *Imeon Energy* [37])

### 5.13.2. Descripció general de l'inversor IMEON 3.6

L'inversor IMEON està format per una entrada per a la xarxa, una sortida pels panells solars, una entrada/sortida per a la bateria i una sortida per la producció de 230 V ac [37].

A continuació és mostra una imatge de les connexions de l'inversor.



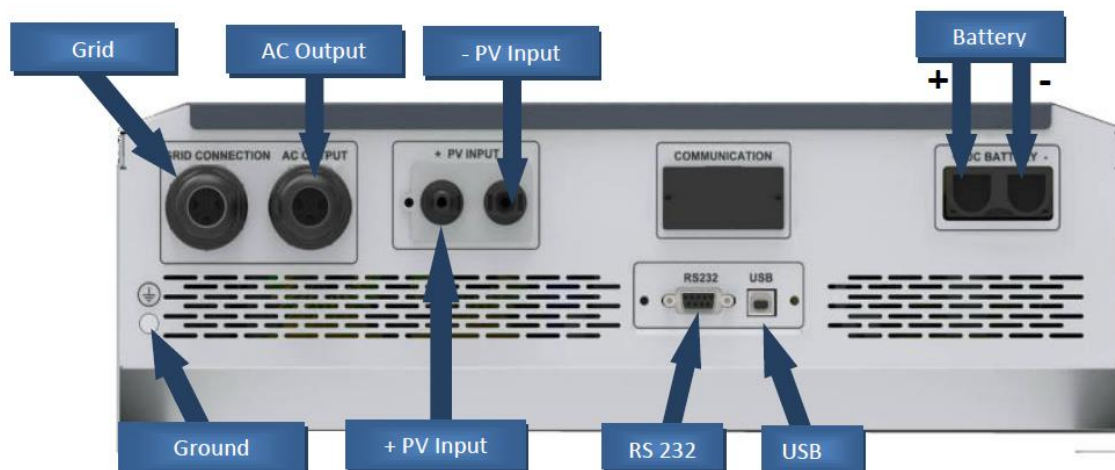


Figura 5.16. Connexions de l'inversor IMEON 3.6 (Font: IMEON ENERGY [37])

### 5.13.3. Instal·lació

Per la correcta instal·lació d'aquest inversor s'ha de consultar el manual d'instal·lació que està a la documentació del treball.

### 5.13.4. Comunicació

L'inversor està equipat amb diversos ports: RS232, USB i una ranura de comunicació "COMMUNICATION".

- RS232: Es pot utilitzar per comunicar-se només amb bateries de liti aprovades per IMEON ENERGY.
- USB: Per comunicar l'inversor amb l'administrador de software IMEON.
- COMMUNICATION: Permet afegir de manera opcional IMEON GENSET o IMEON WEBCARD.

### 5.13.5. Posada en marxa

Per la correcta posada en marxa d'aquest inversor s'ha de consultar el manual d'instal·lació que està a la documentació del treball.

### 5.13.6. Control de l'inversor

A continuació és mostra la pantalla de visualització:

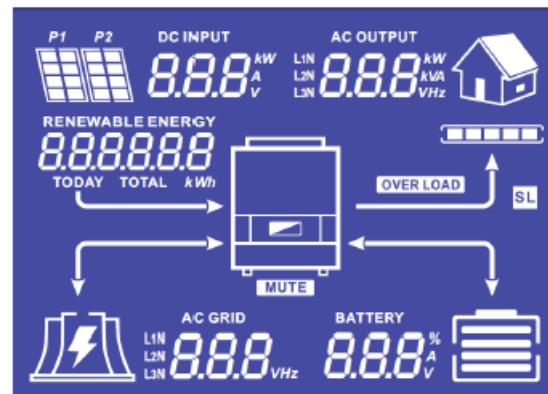


Figura 5.17. Pantalla de visualització (Font: Imeon Energy [37])

També hi ha un indicador lumínic que mostra si el funcionament és normal, o si hi ha qualsevol anomalia.



Figura 5.18. Indicador lumínic de funcionament (Font: IMEON ENERGY [37])

### 5.13.7. Software d'IMEON

Pel que fa al programari que s'utilitzarà per gestionar l'energia es pot instal·lar a qualsevol ordinador que utilitzi Windows com a sistema operatiu.

Un cop descarregat el programari s'ha d'instal·lar. A continuació s'ha d'executar fent un doble clic a la icona d'IMEON Manager.exe.

Pel que fa a la utilització d'aquest Software, hi ha quatre pestanyes disponibles: "Home " "Flow Manager" "Battery Manager" i "Scan"

#### 5.13.7.1. Home

A continuació es mostra una captura de pantalla de la pestanya "Home".

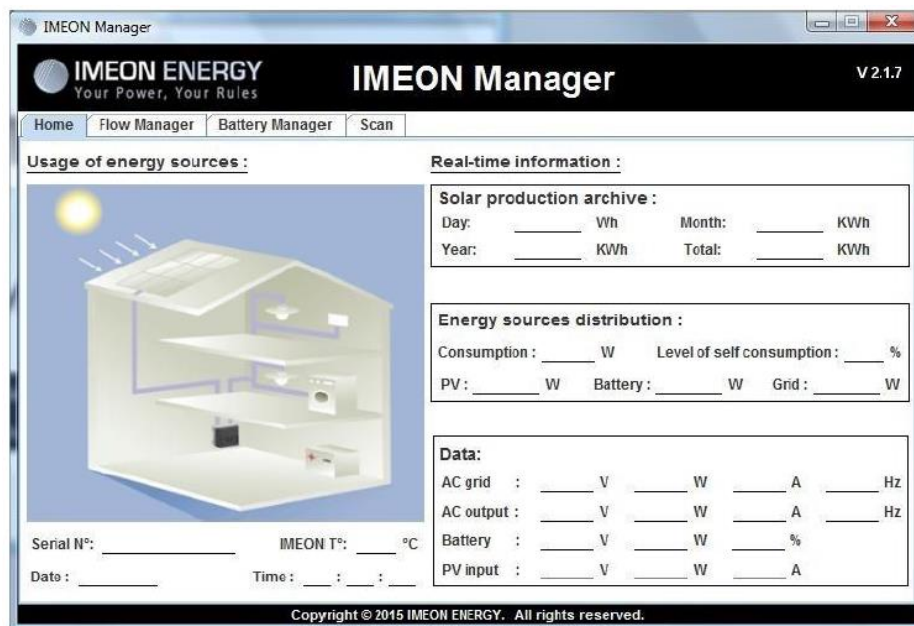


Figura 5.19. Captura de pantalla de la pestanya "Home" (Font: IMEON ENERGY [37])

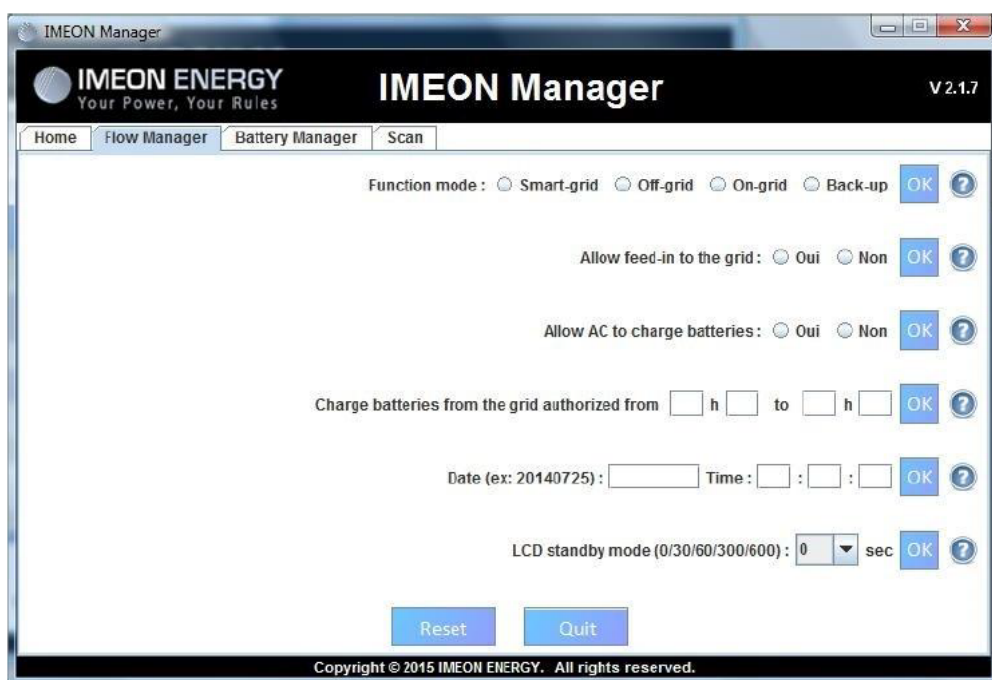
En aquesta pestanya es mostra la següent informació sobre l'inversor i l'estat de funcionament general.

- **Usage of energy sources:** Ús de les fonts energètiques:
  - Serial N°: número de sèrie de l'inversor.
  - IMEON T°: Indica la tempera interna de l'inversor.
  - Date: Indica la data interna de l'inversor.
  - Time: Indica l'hora interna de l'inversor.
- **Solar production archive:** registre de la producció solar
  - Day: Indica la producció solar diària en kWh.
  - Month: Indica la producció solar mensual en kWh.
  - Year: Indica la producció solar anual en kWh.
  - Total: Indica la producció solar en kWh des del principi de la instal·lació.
- **Energy sources distribution:** distribució dels recursos energètics
  - Consumption: Indica la potència del consum en W.
  - Level of self-consumption: Indica la taxa d'autoproducció en %.
  - PV: Indica la potència solar instantània en W.
  - Battery: Indica la potència de la bateria en W.
  - Grid: Indica la potència de la xarxa pública en W.
- **Data:**
  - Ac Grid: Indica el voltatge, potència, corrent i freqüència de la xarxa pública.
  - AC Output: Indica el voltatge, la potència i la freqüència de la sortida d'alterna.

- Battery: Indica el voltatge, la potència, el corrent i la freqüència del banc de bateries.
- PV input: Indica el voltatge, la potència i el corrent de la producció solar.

### 5.13.7.2. Flow manager – Gestió del flux

A continuació es mostra una captura de pantalla de la pestanya “Flow manager”.



**Figura 5.20.** Captura de pantalla de la pestanya “Flow Manager” (Font: IMEON ENERGY [37])

- **Function mode:** Mode de funcionament
  - *Smart-Grid:* Mode òptim per l'autoproducció i l'eficiència.
  - *Off-Grid:* Mode òptim per instal·lacions aïllades.
  - *On-Grid:* Instal·lació connectada a la xarxa sense bateries
  - *Back-Up:* En aquest cas les bateries es mantenen carregades permanentment, les bateries només es descarreguen en casos d'interrupció de la xarxa.

En aquest cas el mode de funcionament escollit és *Smart-Grid*.

- **Allow feed-in to the grid:** permetre alimentació de la xarxa.

En aquest cas, la opció a marcar es sí (*oui* en francès o *yes* en anglès).

- **Allow AC to charge batteries:** Permetre que la xarxa carregui les bateries. S'ha de tenir en compte que no carregar les bateries durant un llarg període de temps pot causar una descàrrega profunda, que pot comportar conseqüències irreversibles per les bateries.

Per tant en aquest cas es tornaria a marcar la opció sí (*oui* en francès o *yes* en anglès).

- **Charge batteries from the grid authorized from:** Aquesta funció permet escollir les característiques per carregar les bateries de la xarxa.

En aquest cas s'escollirà que la bateria només es carregui en horari nocturn, ja que durant el dia es molt probable que es pugui carregar amb energia fotovoltaica. L'horari escollit es « 00:00 – 04:00».

- **Date/Time:** Permet ajustar el rellotge intern d'IMEON. La data s'ha de posar en format any/mes/dia, i l'hora s'ha de posar en format hh/mm/ss (format 24 hores).d
- **LCD stand by mode:** permet escollir el tems d'*stand-by* o en espera del monitor d'IMEON.

En aquest cas el temps escollit es de 30 segons.

### 5.13.7.3. Battery manager

A continuació es mostra una captura de pantalla de la pestanya “Battery manager”.



Figura 5.21. Captura de pantalla de la pestanya “Battery Manager” (Font: IMEON ENERGY [37])

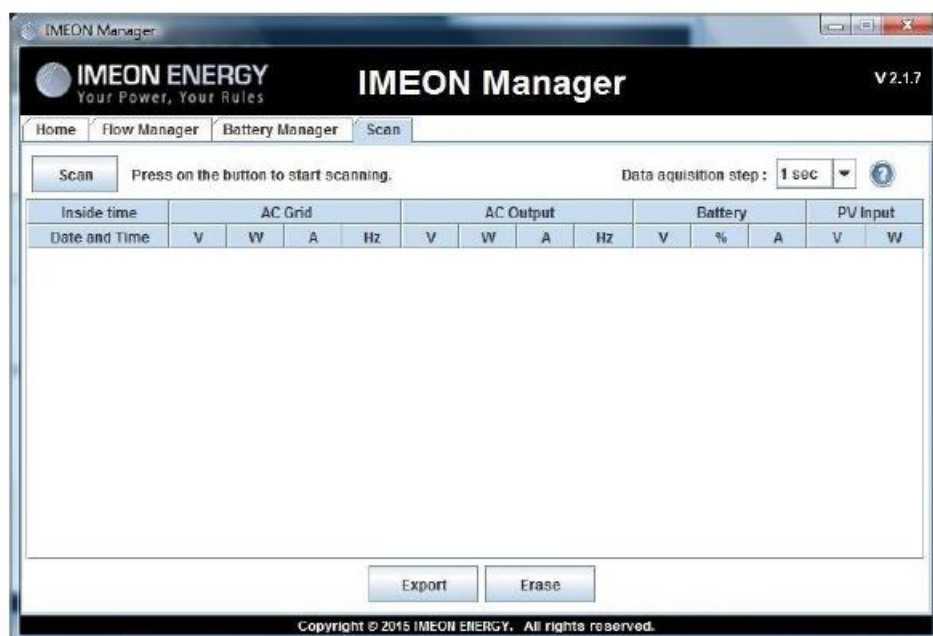
En aquesta pestanya es mostra la següent informació sobre les bateries i la seva gestió.

- **Technology:** En aquesta opció s'ha d'escollir la tecnologia de les bateries connectades a l'inversor. En aquest projecte les bateries escollides són de Liti (Lithium).

- **Discharge only at night:** Escollint sí. Les bateries només es descarregaran quan la instal·lació solar no estigui produint energia. En aquest cas és marcarà l'opció sí.
- **DOD display:** En aquesta opció es poden escollir dos profunditats de descàrrega en funció si hi ha xarxa o no. En tot cas la profunditat de la descàrrega sense xarxa ha de ser igual o superior a quan hi hagi xarxa. Convé remarcar que la profunditat de la descàrrega té un gran impacte pel que fa a la vida útil de les bateries. En aquest cas en les dues opcions és marcarà una profunditat de descàrrega del 75%.

#### 5.13.7.4. Scan

A continuació es mostra una captura de pantalla de la pestanya "Scan".



**Figura 5.22.** Captura de pantalla de la pestanya "Scan" (Font: IMEON ENERGY [37])

Aquesta pestanya permet registrar els canals AC GRID (xarxa alterna), AC OUTPUT (sortida en alterna), BATTERY(bateries) i PV INPUT (entrada fotovoltaica).

**Taula 28.** Taula resum dels escenaris que aquest inversor pot oferir a aquest projecte (Font: projecte)

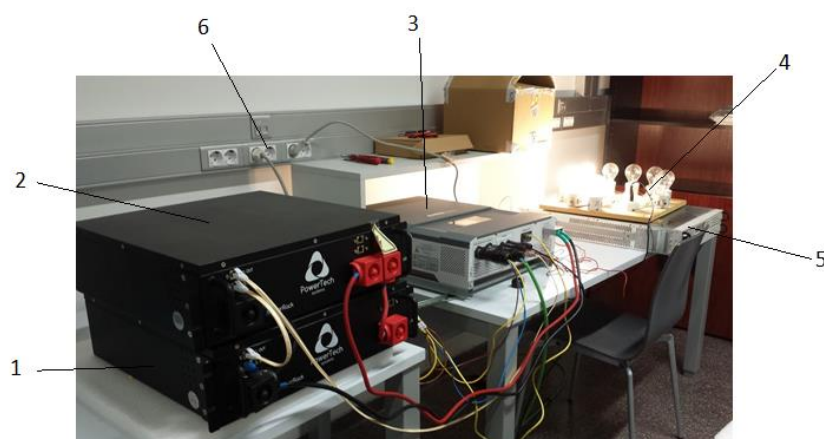
AC GRID	Voltatge (V)	BATTERY	Voltatge (V)
	Potència (W)		Nivell de càrrega (%)
	Corrent (A)		Corrent (A)

	Freqüència (Hz)		
AC OUTPUT	Voltatge (V)	PV INPUT	Voltatge (V)
	Potència (W)		Potència (W)
	Corrent (A)		
	Freqüència (Hz)		

### 5.13.8. Assaig del sistema al laboratori de E3PACS

Els passats 29 de març i 5 d'abril uns quants estudiants vam poder assistir a la posada en funcionament de les bateries PowerRack de Liti-Ió fosfat adquirides per la UPC. També es va utilitzar l'inversor IMEON 3.6 que s'ha descrit en aquest projecte.

L'assaig va estar conduït pel personal tècnic de QKSOL.



**Figura 5.23.** Fotografia de l'assaig realitzat al laboratori E3PAC (Font: Projecte)

**Taula 29.** Descripció dels elements que van formar part de l'assaig al laboratori (Font: Projecte)

	Element
1	Unitat PowerRack Slave
2	Unitat PowerRack Master
3	Inversor híbrid IMEON 3.6
4	Càrrega d'1 kW (10 bombetes de 100 W cadascuna)
5	Simulador de plaques solars fotovoltaïques
6	Xarxa

Per tant s'observa que els components d'aquest sistema són els mateixos que els utilitzats en la instal·lació d'aquest projecte.

En primer lloc és va fer el muntatge físic seguint les instruccions dels manuals d'instal·lació de les bateries i de l'inversor híbrid.

Per tal de configurar l'inversor i les bateries, en primer lloc es va instal·lar el programari de l'inversor IMEON 3.6. A continuació es van escollir les opcions desitjades per tal de configurar el sistema.



## 6. SIMULACIÓ DE DIFERENTS ESCENARIS

A continuació es mostraran els perfils observats tenint en compte les mesures d'optimització de càrregues que s'han descrit anteriorment que s'han obtingut a partir de les dades obtingudes amb l'SMAPPEE.

Es discriminarà entre les estacions diferents estacions estudiades, hivern i primavera.

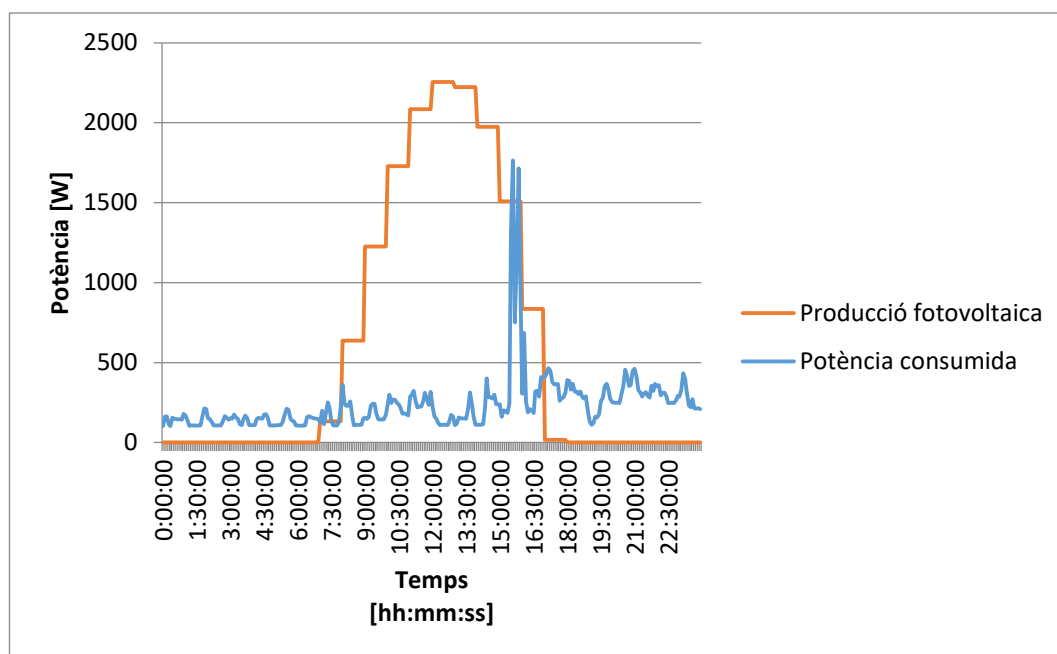
### 6.1. Hivern

A continuació es mostra l'estimació dels perfils de potència a l'hivern havent realitzat les mesures d'optimització de càrregues que s'han descrit anteriorment i també l'estimació de la producció fotovoltaica.

Primer es discriminarà entre els dies entre setmana i els dies de cap de setmana.

#### 6.1.1. Entre setmana

En el gràfic que hi ha a continuació estan superposades la corba de producció fotovoltaica i la de potència consumida en un dia representatiu entre setmana.



**Figura 6.1.** Perfil de potència i producció fotovoltaica de l'habitatge d'un dia representatiu de febrer entre

setmana (Font: Projecte)

S'observa que el consum estimat d'un dia d'hivern entre setmana és de 5,701 kWh.

En aquest cas concret s'observa que uns 3150 Wh es consumeixen quan no hi ha producció fotovoltaica, o quan aquesta es insuficient.

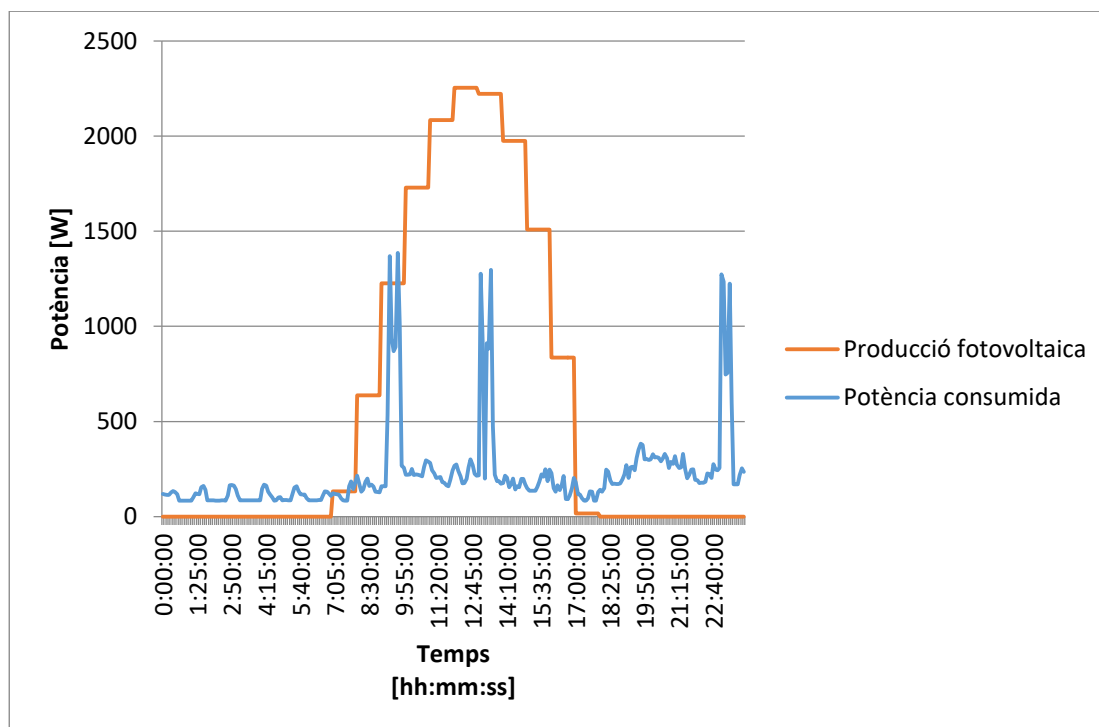
A més a més, també s'observa que la producció fotovoltaica que no s'aprofita al moment supera en escriu aquest valor.

Finalment s'observa que la capacitat de les bateries 100 Ah amb un 75% de profunditat de la descàrrega pot suportar aquesta demanda.

Per tant es pot afirmar que en un dia com aquest no és necessari consumir energia procedent de la xarxa.

### 6.1.2. Cap de setmana

En el gràfic que hi ha a continuació estan superposades la corba de producció fotovoltaica i la de potència consumida en un dia representatiu de cap de setmana.



**Figura 6.2.** Perfil de potència i producció fotovoltaica de l'habitatge d'un dia representatiu de febrer en cap de setmana (Font: Projecte)

S'observa que el consum estimat d'un dia d'hivern en cap de setmana és de 5,478 kWh.

En aquest cas concret s'observa que uns 2710 Wh es consumeixen quan no hi ha producció fotovoltaica, o quan aquesta es insuficient.

A més a més, també s'observa que la producció fotovoltaica que no s'aprofita al moment supera en escriu aquest valor.

Finalment s'observa que la capacitat de les bateries 100 Ah amb un 75% de profunditat de la descàrrega pot suportar aquesta demanda.

Per tant es pot afirmar que en un dia com aquest no és necessari consumir energia procedent de la xarxa.

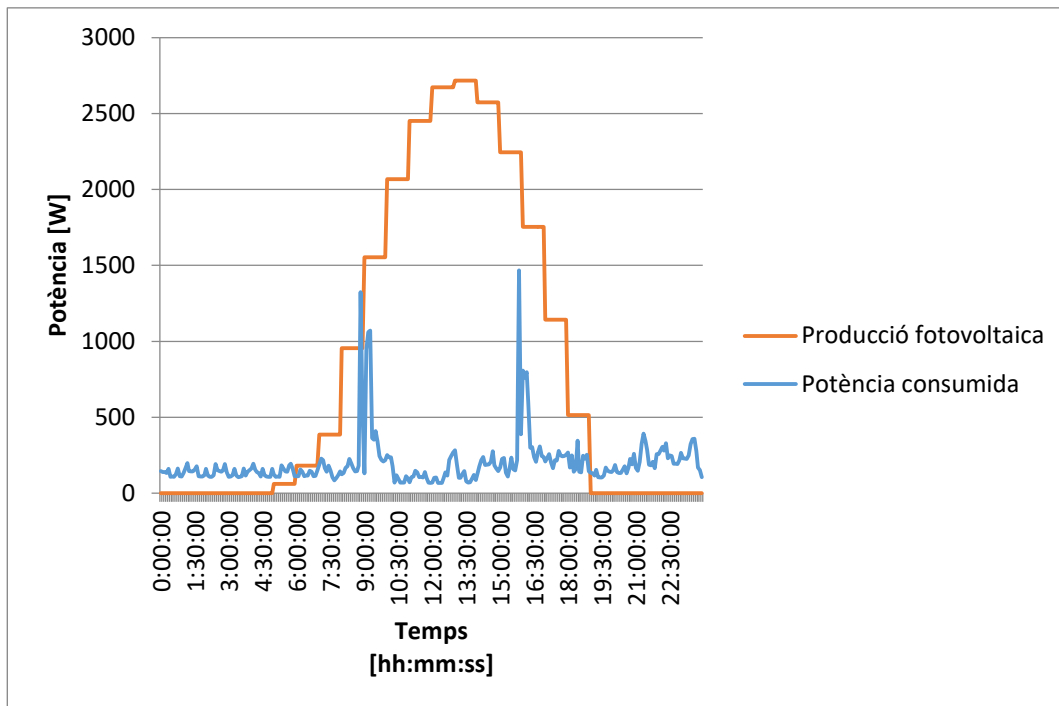
## **6.2. Primavera**

A continuació es mostra l'estimació dels perfils de potència a l'hivern havent realitzat les mesures d'optimització de càrregues que s'han descrit anteriorment i també l'estimació de la producció fotovoltaica.

Primer es discriminarà entre els dies entre setmana i els dies de cap de setmana.

### **6.2.1. Entre setmana**

En el gràfic que hi ha a continuació estan superposades la corba de producció fotovoltaica i la de potència consumida en un dia representatiu entre setmana.



**Figura 6.3.** Perfil de potència i producció fotovoltaica de l'habitatge d'un dia representatiu de juny entre setmana (Font: Projecte)

S'observa que el consum estimat d'un dia de primavera entre setmana és de 4,737 kWh.

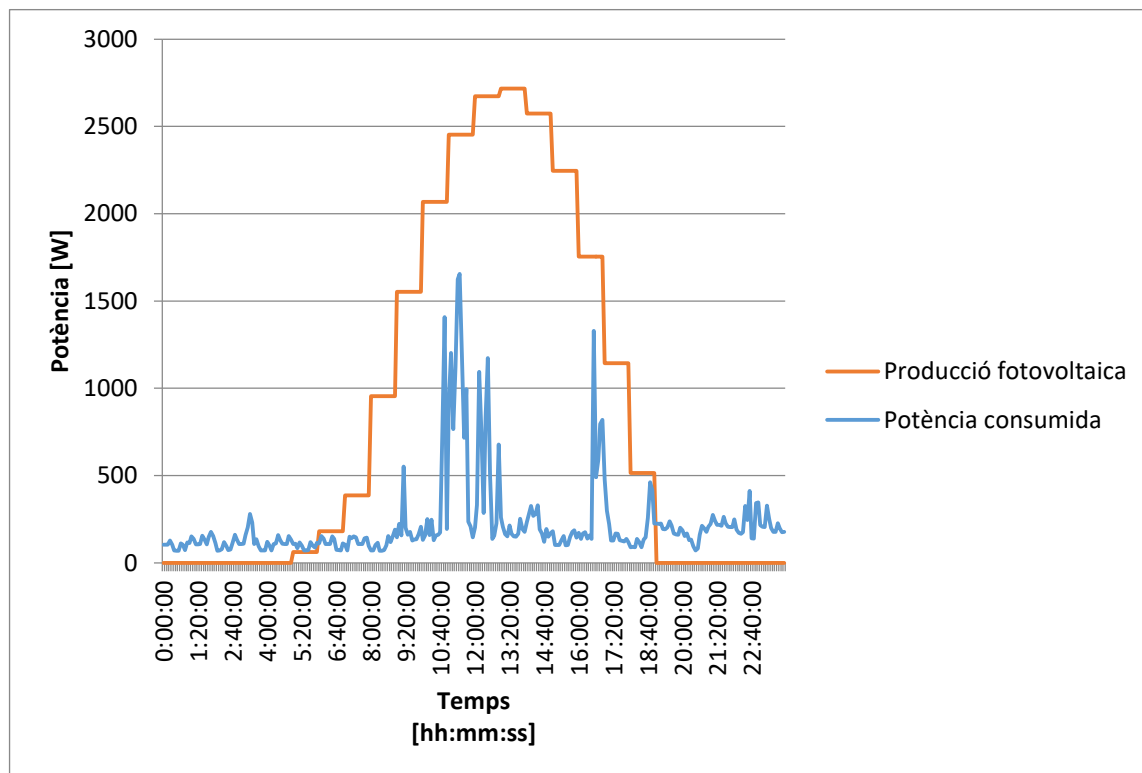
En aquest cas concret s'observa que uns 1830 Wh es consumeixen quan no hi ha producció fotovoltaica, o quan aquesta es insuficient.

A més a més, també s'observa que la producció fotovoltaica que no s'aprofita al moment supera en escriu aquest valor.

Finalment s'observa que la capacitat de les bateries 100 Ah amb un 75% de profunditat de la descàrrega pot suportar aquesta demanda.

Per tant es pot afirmar que en un dia com aquest no és necessari consumir energia procedent de la xarxa.

### 6.2.2. Cap de setmana



**Figura 6.4.** Perfil de potència i producció fotovoltaica de l'habitatge d'un dia representatiu de juny en cap de setmana (Font: Projecte)

S'observa que el consum estimat d'un dia de primavera en cap de setmana és de 5,360 kWh.

En aquest cas concret s'observa que uns 1650 Wh es consumeixen quan no hi ha producció fotovoltaica, o quan aquesta es insuficient.

A més a més, també s'observa que la producció fotovoltaica que no s'aprofita al moment supera en escriure aquest valor.

Finalment s'observa que la capacitat de les bateries 100 Ah amb un 75% de profunditat de la descàrrega pot suportar aquesta demanda.

Per tant es pot afirmar que en un dia com aquest no és necessari consumir energia procedent de la xarxa.

### 6.3. Resum

En aquests quatre simulacions s'observa que en tots els casos la producció solar fotovoltaica és molt superior a la demanda, i per tant l'energia en tots els casos es pot emmagatzemar a les bateries per més tard. Per tant no es consumeix energia de la xarxa.

Tot i això, les bateries han estat dimensionades per cobrir només les necessitats de 0,6 dies, i és molt probable que qualsevol dia d'hivern una mica ennuvolat o amb boira la producció fotovoltaica no sigui suficient per cobrir les necessitats diàries.

## 7. ESTUDI ECONÒMIC

### 7.1. Cost optimització dels consums

A continuació es mostra el pressupost de les millores per a reduir el consum energètic. Tots els preus ja inclouen IVA. Aquestes mesures no precisen ma d'obra.

**Taula 29.** Taula resum del cost de les optimitzacions dels consums a realitzar

Font: Projecte

	Model	Cost unitari [€]	Quantitat	Total [€]
Il·luminació	Tub LED t8 1200mm	5,95	6	108
	Bombeta LED E27 G45	0,99	37	185
Electrodomèstics	Rentadora Siemens WM12Q46ES	258	1	258
	Nevera-Congelador Balay Optima NoFrost Plus 3KF6854M	541,14	1	541,14
	Forn BECKEN bdw2760 WH	349	1	349
	Rentavaixelles Balay 3HB404XM	219	1	219
Stand-by	Regleta eliminadora d' <i>stand-by</i>	20	2	40
	Sistema eliminador d' <i>stand-by</i>	20	2	40
INVERSIÓ TOTAL				1632,14 €

### 7.2. Cost de la instal·lació fotovoltaica

A continuació és mostra el pressupost del sistema fotovoltaic, que està format per dos grans conceptes: el cost dels elements i la mà d'obra.

#### 7.2.1. Cost dels elements de la instal·lació fotovoltaica

El cost unitari d'aquests conceptes ja inclou l'IVA.

**Taula 30.** Taula resum del cost dels elements de la instal·lació fotovoltaica

Font: Projecte

	Model	Cost unitari [€]	Quantitat	Total [€]
Panells solars	YL285D-30b	173,85	11	1915,35
Bateries	Powerrack Master	3342,63	1	3342,63
	Powerrack Slave	2994,75	1	2994,75
	Estructura bateries	284,35	1	284,35
Inversor híbrid	Connectors	162,14	1	162,14
	Control injecció zero	423,5	1	423,5
	Inversor híbrid IMEON 3.6	2891,9	1	2891,9

Cablejat	Conductor 4 mm2 de secció	0,46 €/m	28 m	12,88
	Conductor 10 mm2 de secció	0,68€/m	25 m	17
Estructura per als panells	Fixacions per a panells solars sobre coberta metàl·lica	53,53	6	642,36
TOTAL				12686,86 €

### 7.2.2. Cost de la mà d'obra

**Taula 31.** Cost de la mà d'obra de la instal·lació fotovoltaica

*Font: Projecte*

Persona contractada	Hores de treball [h]	Preu [€/h]	Total [€]
Director del projecte	10	50	500
Operari electricista	20	30	600
Instal·lador solar	50	11	600
Delineant	5	20	100
TOTAL			1800 €

### 7.3. Cost de la factura elèctrica

A continuació es calcularà la factura elèctrica del primer any.

**Taula 32.** Cost estimat de la factura elèctrica del primer any

*Font: Projecte*

Concepte	Preu [€]
Preu per energia contractada	152,3
Preu per energia consumida	43,77
Impost sobre l'electricitat	10,03
Lloguer dels equips	9,69
Import total (sense IVA)	215,8
Import total (amb IVA)	261,12

Per la factura dels següents anys es tindrà en compte una pujada del preu de l'electricitat d'un 4% anual i una pujada de l'IPC de l'1%.

### 7.4. Amortització de la inversió

Per procedir a realitzar el càlcul de l'amortització s'han de tenir en compte totes les despeses mostrades anteriorment.

**Taula 33.** Pressupost total

*Font: Projecte*

Concepte	Preu [€]
Sistema fotovoltaic	12686,86
Mà d'obra	1800

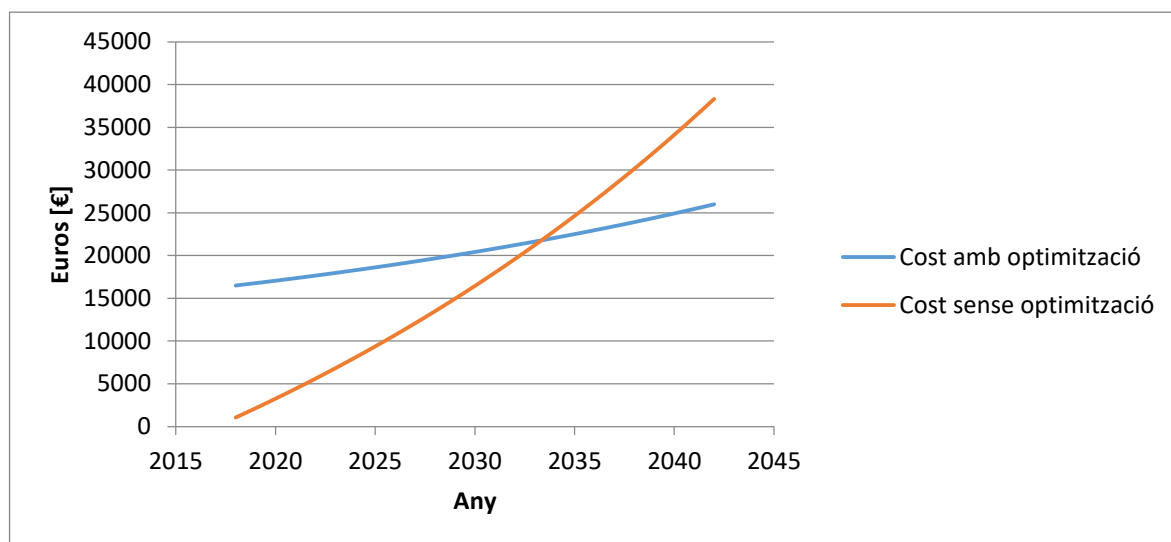


Mesures d'optimització	1740,14
INVERSIÓ TOTAL INSTAL·LACIÓ	16227,00
Cost de l'estudi	6017,29
INVERSIÓ TOTAL	22244,29

En aquest càlcul no s'ha tingut en compte el cost de l'estudi.

Tenint en compte el cost de no realitzar la inversió aquesta instal·lació fotovoltaica s'amortitzaria l'any 2034, es al cap de 17 anys.

En aquest càlcul també s'ha tingut en compte la factura que s'haurà de continuar pagant cada mes. En aquest càlcul s'ha considerat que la factura de l'electricitat s'encarirà un 4% anualment i que l'IPC (índex de preus al consum) serà de l'1%.



**Figura 46.** Gràfica del període d'amortització de la instal·lació

Font: Projecte

Aquest càlcul s'ha realitzat considerant que no es requereix finançament bancari.

## 7.5. Noves propostes per la millora contínua

La millora contínua es una part fonamental del mètode descrit en aquest projecte, i també forma part de la normativa ISO 50001 [40].

La primera proposta a implementar podria ser la instal·lació de plaques solars tèrmiques. Amb aquest canvi és reduiria encara més la petjada de carboni de l'habitatge. Tot i això s'haurà de tenir en compte que la seva amortització serà més lenta que en altres casos, ja que durant els mesos d'hivern l'aigua calenta sanitària de l'habitatge ja s'escalfa mitjançant una caldera de llenya.

En segon lloc també es podria estudiar el fet d'adquirir un vehicle elèctric.

Cal tenir en compte que amb el anys poden haver-hi molts avanços tecnològics pel que fa a electrodomèstics i il·luminació, i per tant, a mesura que es vagin quedant obsolets canviar els electrodomèstics i les làmpades per versions més eficients.

També caldrà centrar-se en la normativa del sector elèctric. Ja que en els últims anys ha sofert diversos canvis, i es possible que segueixi fent-ho.

Finalment, també caldrà considerar revista que totes les millores proposades en aquest treball hagin complert les seves expectatives.

## 8. Conclusions

La principal finalitat d'aquest treball és la constitució d'un mètode per la optimització energètica d'una vivenda unifamiliar considerant l'ús de l'energètica solar fotovoltaica, bateries, generador dièsel i connexió a la xarxa. I a continuació implementar aquest mètode a un habitatge concret.

Tot i això, aquest mètode ha estat creat per ser adequat per a qualsevol habitatge unifamiliar, amb l'objectiu d'estalvi energètic i econòmic i a més a més reduir les emissions de gasos que contribueixen a l'efecte hivernacle.

Després d'estudiar la normativa actual pel que fa a l'autoproducció d'energies renovables, s'observa clarament que en aquest país la legislació no promou sota cap concepte la seva implantació.

La legislació espanyola no dona facilitats que són molt comunes en altres països com per exemple el balanç zero. Aquesta opció permetria que les energies renovables fossin molt més viables ja que eliminen la necessitat de bateries. A més a més tampoc retribueix a les petites instal·lacions d'autoconsum per l'energia que injecten a la xarxa.

A part de no posar facilitats també posa inconvenients, com per exemple és obligatori que la potencia pic instal·lada sigui sempre menor que la potència contractada, la qual cosa fa encarir el preu de la factura de l'electricitat.

Tenint en compte els precedents pel que fa a la legislació en energies renovables, la situació pot variar ràpidament amb l'aprovació d'una nova llei. Tot i això no s'esperen grans canvis que puguin beneficiar a les energies renovables a causa del dèficit tarifari del sector elèctric espanyol.

L'aplicació d'aquest mètode s'ha convertit en un estalvi del 40% del consum energètic de l'habitatge. Cal tenir en compte que en gran part l'estalvi s'ha degut a la reducció dels consum i no pas a la instal·lació del sistema fotovoltaic.

En aquest cas concret rebutjat la instal·lació del generador dièsel ja que incrementava massa el període de retorn de la inversió.

La localització geogràfica de l'habitatge fa molt complicada la independència de la xarxa, ja que la climatologia d'Alguairó implica mesos d'hivern amb molta boira. Per tant, aquesta condició climatològica ha suposat un cost afegit a la instal·lació.

Aquest projecte en concret té un període de retorn de 17, que és acceptable tenint en compte que la vida dels panells es d'uns 20 o 25 anys. Aquest càlcul s'ha realitzat amb el preu actual (s'ha tingut en

compte l'IPC, i una pujada sostinguda del preu de l'electricitat), però l'energia provinent dels combustibles fòssils podria augmentar de preu de manera desmesurada en qualsevol moment.

També ha estat bastant sorprenent en aquest projecte que gran part de l'estalvi prové de l'optimització dels consums, és a dir canviar els electrodomèstics i les bombetes per models més eficients. Dit d'altra manera, hagués sigut molt complicat realitzar una instal·lació rentable d'aquest tipus sense considerar optimitzar les càrregues.

Per tant en aquest projecte s'observa, que tot i que al final surt rentable, té un període de retorn molt llarg i a la llarga l'estalvi no és tampoc massa gran. Tot i això, la instal·lació del sistema fotovoltaic aporta grans beneficis a nivell ecològic ja que redueix dràsticament la petjada de carboni.

## 9. Bibliografia

### 9.1. Referències de consulta

- [1] “Que es la gestión energética?” Caballé & Associats enginyers. <http://www.caballeassociats.com/es/ahorro-energetico/>. Darrera visita, febrer 2017.
- [2] “Sistemas de gestión de la energia”. Slide Player. <http://slideplayer.es/slide/3360533/>. Darrera visita, febrer 2017.
- [3] “Annex II” Reial Decret 1699/2011, de 18 de novembre. B. o. d. Estat.
- [4] “Annex III” Reial Decret 1699/2011, de 18 de novembre. B. o. d. Estat.
- [5] “l'UNE-EN 16247-2:2014”. Aenor. [http://www.ca.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0054016&pdf=#.WN\\_CY\\_nyhPZ](http://www.ca.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0054016&pdf=#.WN_CY_nyhPZ). Darrera visita, març 2017.
- [6] Configuració solar fotovoltaica connectada a la xarxa amb suport d'un generador dièsel i bateries. Cambio energético. <https://www.cambioenergetico.com/blog/kit-solar-autoconsumo-baterias-e-inversor-cargador/>. Darrera visita, març 2017
- [7] Diagrama de la seqüència Planificació-Execució-Avaluació-Actuació. All about Lean. <http://www.allaboutlean.com/pdca/>. Darrera visita, abril 2017.
- [8] “Projecte SECH-SPAHOUSEC”. IDAE. [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Informe\\_SPAHOUSEC\\_ACC\\_f68291a3.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf). Darrera visita, març 2017.
- [9] “Esquema bàsic de sistema SATE”. *Sistemas d'Aïllament Tèrmic Exterior (SATE) per la Rehabilitació de l'Envoltant Tèrmica dels edificis*. [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_12300\\_guia\\_sate\\_a2012\\_accesiblesedan\\_df06746b.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_12300_guia_sate_a2012_accesiblesedan_df06746b.pdf). Darrera visita, març 2107.
- [10] “Soluciones de Aislamiento con Poliestireno Extruido (XPS)”. IDAE. [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_10828\\_SolucionesAislamientoPoliestirenoExtruido\\_XPS\\_A2008\\_A\\_c8ad3b44.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10828_SolucionesAislamientoPoliestirenoExtruido_XPS_A2008_A_c8ad3b44.pdf). Darrera visita, abril 2017.

- [11] “Suro expandit”. Biohaus. <http://www.biohaus.es/pdf/EL%20AISLAMIENTO%20DE%20CORCHO%20EXPANDIDO.pdf> Armacell. Darrera visita, abril 2017.
- HY [15] “Soluciones de Aislantes con Espumas Flexibles”. IDAE. [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_10828\\_SolucionesAislamientoEspumasFlexibles\\_A2008\\_A\\_a2a58218.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10828_SolucionesAislamientoEspumasFlexibles_A2008_A_a2a58218.pdf). Darrera visita, abril 2017.
- [16] “Guía técnica de vidrios y cerramientos”. IDAE. [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_guia\\_tecnica\\_vidrios\\_y\\_cerramiento\\_v05\\_2dfc482b.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_guia_tecnica_vidrios_y_cerramiento_v05_2dfc482b.pdf). Darrera visita, abril 2017.
- [17] “Equivalentes per a les diferents tecnologies d’il·luminació”. Wikipedia. [https://ca.wikipedia.org/wiki/Llum\\_LED](https://ca.wikipedia.org/wiki/Llum_LED). Darrera visita, abril 2017.
- [18] “Normes en l’etiquetat dels electrodomèstics”. Esse-Energia. <http://esse-energia.es/nuevas-normas-en-el-etiquetado-de-eficiencia-en-electrodomesticos/>. Darrera visita, abril 2017.
- [19] “Desconexión de aparatos en *stand-by* para ahorrar en la factura”. Casa Domo. <https://www.casadomo.com/2015/10/12/desconexion-de-aparatos-en-standby-para-ahorrar-en-la-factura>. Darrera visita, abril 2017.
- [20] “Regletes eliminadores d’*stand-by*”. Consumer. <http://www.consumer.es/web/es/bricolaje/electricidad/2013/05/10/216712.php>. Darrera visita, abril 2017.
- [21] “Sistemas eliminadores d’*stand-by*”. Microsiervos. <http://www.microsiervos.com/archivo/ecologia/eliminadores-modo-espera-stand-by.html>. Darrera visita, abril 2017.
- [22] “L’energia solar”. Xtec. <http://www.xtec.cat/~cbadia23/sol.htm>. Darrera visita, abril 2017.
- [23] “Solar fotovoltaica”. ICAEN. [http://icaen.gencat.cat/ca/energia/renovables/solar\\_fotovoltaica](http://icaen.gencat.cat/ca/energia/renovables/solar_fotovoltaica). Darrera visita, abril 2017.
- [24] “Instalaciones fotovoltaicas”. TERSA. [http://www.teresa.cat/es/instalaciones-fotovoltaicas\\_1615](http://www.teresa.cat/es/instalaciones-fotovoltaicas_1615). Darrera visita, abril 2017.
- [25] “Monitor de energía solar”. Smappee. [http://www.smappee.com/eu\\_es/monitor-de-energia-solar/](http://www.smappee.com/eu_es/monitor-de-energia-solar/). Darrera visita, maig 2017

[26] “Norma Internacional de la Comissió Electrotècnica Internacional per a conductors de cables aïllats”. IEC 60228.

[27] UNE 20460-5-523, 2004.

[28] Reial Decret 413/2014, del 6 de juny B. o. d. Estat.

[29] Rekioua,D i Matagne E., 2012,Optimization of Photovoltaic Power Systems Modelization, Simulation and Control, Londres, Springer.

[30] “Average Daily Solar Irradiance”. *PVGIS photovoltaic software* <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>. Darrera visita, maig 2017

[31] “Vademècum Endesa”. Endesa Distribución. <http://www.endesadistribucion.es/ca/Installacions/Documents/Gu%C3%ADa%20Vadem%C3%A9cum-catalan%20-%20V16.pdf>. Darrera visita, maig 2017

[32] “Google Maps”. <https://www.google.es/maps?source=tldsi&hl=ca>. Darrera visita, abril 2017.

[33] “Consulta de datos Catastrales”. Sede Electrónica Catastro. <https://www1.sedecatastro.gob.es/OVCFrames.aspx?TIPO=consulta>. Darrera visita, març 2017.

[34] “Tub LED t8 1200mm”. Efecto LED. [http://www.efectoled.com/es/comprar-tubos-led-t8/1354-tubo-led-t8-1200mm-conexion-un-lateral-18w.html?gclid=Cj0KEQjwoqvIBRD6ls6og8qB77YBEiQAcqQHe\\_7Wd5\\_Breh4Y4DE88w7Vb0ziFAcde91BU8weiEL\\_pwaAtU\\_8P8HAQ](http://www.efectoled.com/es/comprar-tubos-led-t8/1354-tubo-led-t8-1200mm-conexion-un-lateral-18w.html?gclid=Cj0KEQjwoqvIBRD6ls6og8qB77YBEiQAcqQHe_7Wd5_Breh4Y4DE88w7Vb0ziFAcde91BU8weiEL_pwaAtU_8P8HAQ). Darrera visita, març 2017.

[35] “Bombeta LED E27 G45”. Efecto LED. [http://www.efectoled.com/es/comprar-bombillas-led-e27-convencional/1118-bombilla-led-e27-g45-5w.html?gclid=Cj0KEQjwoqvIBRD6ls6og8qB77YBEiQAcqQHe63RH8ITO\\_3QPg3VDeP1L2qOmqrSUwcW3UwWybBW0aAqZz8P8HAQ](http://www.efectoled.com/es/comprar-bombillas-led-e27-convencional/1118-bombilla-led-e27-g45-5w.html?gclid=Cj0KEQjwoqvIBRD6ls6og8qB77YBEiQAcqQHe63RH8ITO_3QPg3VDeP1L2qOmqrSUwcW3UwWybBW0aAqZz8P8HAQ). Darrera visita, març 2017.

[36] “Model YL285D-30b”. Yingli Solar.[http://d9no22y7yqre8.cloudfront.net/assets/uploads/products/downloads/DS\\_YLM60Cell-30b\\_40mm\\_EU\\_EN\\_20160121\\_ESP.pdf](http://d9no22y7yqre8.cloudfront.net/assets/uploads/products/downloads/DS_YLM60Cell-30b_40mm_EU_EN_20160121_ESP.pdf). Darrera visita maig 2017.

[37] “IMEON 3.6”. IMEON ENERGY. <http://www.imeon-energy.com/en/imeon-3-6/>. Darrera visita maig 2017.

[38] “PowerRack”. Power Tech Systems. <https://www.powertechsystems.eu/home/products/powerrack-scalable-lithium-ion-energy-storage-system/>. Darrera visita, maig 2017.

[39] "Climatologia". Pera de Lleida. <http://peradelleida.es/climatologia/>. Darrera visita, maig 2017.

[40] "Normativa ISO 50001". International Organization of Standardization. <http://www.iso.org/>.  
Darrera visita, abril 2017.



## ANNEX I

### Model de sol·licitud de connexió

<b>Solicitud de conexión de una instalación a la red de distribución de baja o media tensión</b>	
<b>Detalles generales del proyecto</b>	
Emplazamiento/dirección/código postal	
Referencia catastral	
Teléfono de contacto del titular	
Empresa de distribución	
Propietario del sistema	
Dirección de correo electrónico del titular	
CUPS suministro asociado	
Usuario del sistema (si es diferente del propietario)	
Potencia asignada total	
Aplicación del calor recuperado	
<b>Detalles del instalador autorizado</b>	
Instalador autorizado	
Acreditación/Cualificación	
Dirección (incluyendo el código postal)	
Persona de contacto	
Teléfono	
Fax	
Dirección de correo electrónico	
<b>Detalles de la instalación de producción</b>	
Emplazamiento del generador(es) dentro de la instalación	
Fabricante del generador(es)/modelo(s)	
Potencia asignada del equipo(s) generador(es) (kVA)	
Factor de potencia del equipo(s) generador(es)	
Monofásico o trifásico	

Máxima corriente de pico en cortocircuito (A)	
Tecnología del generador y combustible empleado	
Número de serie del equipo(s) generador(es)	
Contador y número de registro del contador	
Punto de conexión propuesto	
Descripción de la configuración de conexión	
Esquema unifilar adjunto	
Declaración a ser completada por el instalador	
Comentarios	
Declaro que esta instalación ha sido diseñada cumpliendo con los requisitos del fabricante, instrucciones, la regulación de cableado, verificación del correcto funcionamiento de las protecciones y los requisitos de puesta a tierra.	
Nombre:	Firma: Fecha:

## Model de contracte tècnic tipus

En ....., a ..... de .....

REUNIDOS

De una parte ..... (en adelante el titular), con N.I.F. .... en nombre y representación de ....., con domicilio en .....

Y de otra ..... (en adelante ED), con N.I.F./NIE ..... en nombre y representación de ..... con domicilio en .....

MANIFIESTAN

Primero. Que el titular de la instalación de producción acogida al régimen especial, en adelante «el titular», y la empresa distribuidora, en adelante «ED», suscribirán un contrato tipo por el que se regirán las condiciones técnicas entre ambos.

Segundo. Que mediante el presente escrito suscriben un contrato que se celebra para dar cumplimiento a la citada prescripción reglamentaria para el caso de conexión de instalaciones de producción de energía eléctrica a la red en baja tensión o alta tensión hasta 36 kV, y cuyas estipulaciones se adaptarán en todo momento a la regulación general eléctrica que sea aplicable a algún término del mismo.

Tercero. Que el presente contrato se suscribe en relación con la instalación denominada ....., ubicada en ....., de tecnología ....., y, en su caso, cuya clasificación en el grupo y subgrupo del artículo 2 del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, será la que establezca el órgano de la Administración competente.

Cuarto. Que de común acuerdo ambas partes acuerdan suscribir el presente Contrato Técnico conforme a las siguientes

ESTIPULACIONES

I. Condiciones generales de entrega de la energía eléctrica.

I.1 La energía eléctrica producida por «el titular» será entregada a la red de «ED» a través de la conexión establecida al efecto.

I.II «El titular» podrá ceder a terceros la energía eléctrica producida por la instalación.

I.III Toda la energía al amparo del presente contrato será computada a la «ED» a los efectos de lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia, obligándose el titular a facilitar cuantos datos sean necesarios para esta consideración.

I.IV Este contrato se regirá de acuerdo con lo dispuesto en el Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, para las instalaciones de régimen especial y al Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

II. Condiciones técnicas de la instalación.

II.I La conexión y medida se efectuará en la red de distribución/red interior de «el titular» y a la tensión de ..... voltios en ..... (incluir dirección completa y descripción del punto de conexión). Las características de los equipos de control, conexión, seguridad y medida, así como el esquema unifilar correspondiente a las instalaciones de generación y enlace se ajustarán a la legislación vigente.

II.II La potencia de la instalación, entendida como la suma de la potencia asignada de los equipos generadores, es de ..... kW y la previsión de vertido anual a la red de la «ED» es de ..... kWh.

La potencia se entregará mediante un sistema monofásico, si procede, o trifásico simétrico. El factor de potencia de la energía suministrada a la red de la empresa distribuidora será lo más próximo posible a la unidad y, en todo caso, superior a 0,98 cuando la instalación trabaje a potencias superiores al 25 por ciento de su potencia nominal, con posibilidad de posibilidad de acogerse, en el caso en el que así lo contemple la legislación vigente, al régimen de energía reactiva, cumpliendo los requisitos de tolerancia y calidad que marca la legislación vigente.

II.III La medición de la energía activa entregada por «el titular» a «ED» se realizará mediante un contador, situado en el punto establecido de común acuerdo, según se establece en la legislación vigente. El equipo necesario será por cuenta de «el titular».

III. Condiciones de explotación de la instalación.

III.I «El titular» se compromete a mantener todas las instalaciones en perfectas condiciones de funcionamiento y especialmente los aparatos de protección y conexión, siendo responsable de los daños y perjuicios de toda índole que pudiera ocasionarle a las instalaciones, aparatos o personal de «ED».

«El titular» se compromete a cumplir la normativa que sea aplicable sobre calidad de servicio y compatibilidad electromagnética de equipos conectados a redes públicas.

III.II «ED» sólo podrá cortar la conexión y suspender la absorción de energía cuando en la red eléctrica se produzcan situaciones que lo justifiquen debido a trabajos programados, causas de fuerza mayor u otras situaciones que contemple la legislación vigente. Cuando puedan ser conocidas con anterioridad estas circunstancias deberán ser comunicadas al titular con la debida antelación y tan pronto como le sea posible.

«ED» podrá restablecer la tensión sin previo aviso.

III.III «El titular» se obliga a informar a «ED» tan pronto como le sea posible de cualquier anomalía detectada en sus instalaciones que puedan afectar a la red eléctrica.

III.IV El personal autorizado previamente por «ED» podrá acceder al recinto o recintos donde estén ubicados los equipos que afecten a la conexión y medida.

III.V La conexión en red interior implica la aceptación de las consecuencias que la desconexión del punto frontera compartido, en aplicación de la normativa vigente, pudieran conllevar para cualquiera de las partes, entre ellas, la imposibilidad del generador de venta de energía al sistema y de la percepción de la retribución que le hubiera correspondido, o la imposibilidad del consumidor de adquirir energía.

#### IV. Causas de resolución o modificación del contrato.

IV.I La eficacia del presente contrato quedará supeditada a las autorizaciones administrativas correspondientes exigidas por la legislación vigente sobre las instalaciones de producción y enlace así como a la inscripción definitiva en el correspondiente Registro Administrativo de Instalaciones de Producción.

IV.II Será causa de resolución automática del mismo el incumplimiento de las cláusulas anteriores así como el mutuo acuerdo entre las partes, la cancelación de la inscripción en el Registro Administrativo de Instalaciones de Producción correspondiente, el cese de la actividad como instalación de producción, la denuncia del contrato en los términos del apartado V de este contrato y para las instalaciones de régimen especial, el incumplimiento de los preceptos del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

IV.III El contenido de las anteriores cláusulas quedará sujeto a las modificaciones impuestas por la normativa legal. En el caso de que dicha normativa legal diese posibilidad al titular de acogerse o no a tales modificaciones, se estará al criterio al respecto del titular.

IV.IV Cualquier modificación de las condiciones técnicas de la instalación recogidas en el anexo al presente contrato deberá ser comunicada por «el titular» a «ED» en el plazo máximo de un mes a contar desde la modificación y, salvo objeción por parte de la distribuidora en el plazo de un mes desde la recepción de la comunicación, esta documentación pasará a formar parte del presente contrato como adenda.

#### V. Duración e interpretación del contrato.

V.I La duración mínima de este contrato será de cinco años a partir de su entrada en vigor, al término de los cuales se considerará prorrogado anualmente si no manifestase alguna de las partes, por escrito, su voluntad de resolverlo, con un mínimo de tres meses de antelación a la fecha de su vencimiento o de cualquiera de sus prórrogas.

V.II Las aclaraciones, dudas o discrepancias que pudiesen surgir en la aplicación o interpretación de lo estipulado en el presente contrato, se resolverá de mutuo acuerdo entre las partes contratantes. En su defecto, las cuestiones planteadas se someterán al dictamen del órgano de la Administración competente en esta materia.

V.III En caso de litigio, ambas partes se someten a los Tribunales ordinarios correspondientes a la ubicación de la instalación.

Y para que así conste y en prueba de conformidad con su contenido, firman el presente documento por triplicado a un solo efecto, en lugar y fecha del encabezamiento.

<b>Por el titular,</b>	<b>Por la empresa distribuidora,</b>
------------------------	--------------------------------------

#### ANEXO AL CONTRATO

##### **Características de los equipos de control, conexión seguridad y medida. Esquema unifilar**

##### **1. Conexión a la red**

Potencia asignada de la instalación (kW) .....

##### **2. Equipo generador (detalle para cada grupo generador)**

Fabricante .....

Modelo .....

Potencia máxima, P<sub>máx</sub> (W) .....

Potencia instalada o potencia pico, P<sub>pico</sub> (W) .....

Tensión, V (V) .....

Corriente de máxima potencia, I<sub>máx</sub> (A) .....

Tensión de máxima potencia, V<sub>máx</sub> (V) .....

Intensidad de cortocircuito. I<sub>sc</sub> (A) .....

Número total de equipos .....

Número de serie del equipo(s) generador(es) .....

### 3. Protecciones externas

Interruptor general.

Fabricante .....

Modelo .....

Tensión nominal, Vn (V) .....

Corriente nominal, In (A) .....

Poder de corte (KA) .....

Relación de protecciones y sus ajustes:

1 .....

2 .....

3 .....

4 .....

5 .....

### 4. Aparatos de medida y control

Contador de salida de energía o bidireccional<sup>1</sup>.

Fabricante .....

Modelo .....

Número de fabricación .....

Relación de intensidad .....

Tensión .....

Constante de lectura .....

Clase .....

Contador de entrada de energía o bidireccional.

Fabricante .....

Modelo .....

Número de fabricación .....

Relación de intensidad .....

Tensión .....

Constante de lectura .....

Clase .....

### 5. Acceso a la información

Lectura de contadores ..... In situ .....

Interlocutores a efectos de operación.

Por el titular:	Por «ED»:
Nombre .....	Nombre .....
Teléfono .....	Teléfono .....

El tipo de contador dependerá de si la generación y la carga cuentan con líneas independientes.

## **ANNEX II: PLÀNOLS**

### **ÍNDEX DE PLÀNOLS**

- 1. DISTRIBUCIÓ PLANTA BAIXA – PLANTA**
- 2. DISTRIBUCIÓ PRIMERA PLANTA – PLANTA**
- 3. DISTRIBUCIÓ SEGONA PLANTA – PLANTA**
- 4. DISTRIBUCIÓ DE PANELLS SOBRE COBERTA**
- 5. ESQUEMA UNIFILAR**